

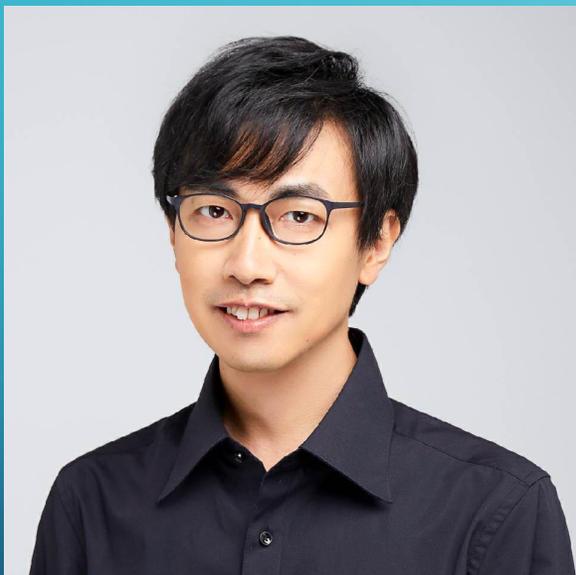


# 重大复杂系统概念比较

社会科学、管理学类

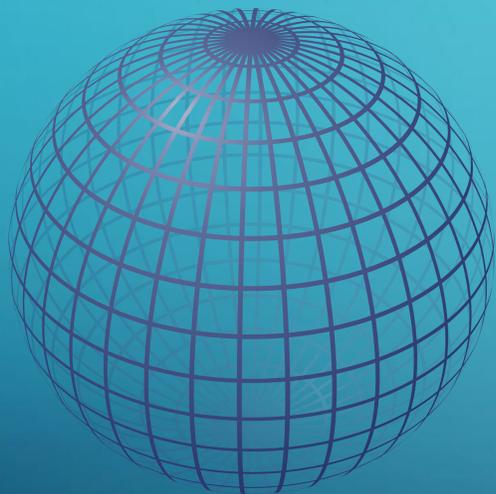
罗家德

清华大学社科学院与公共管理学院合聘

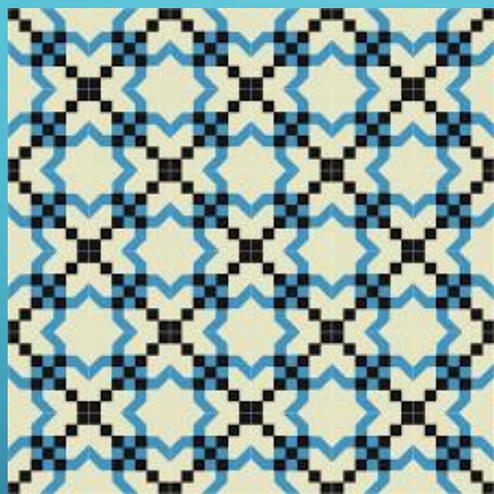
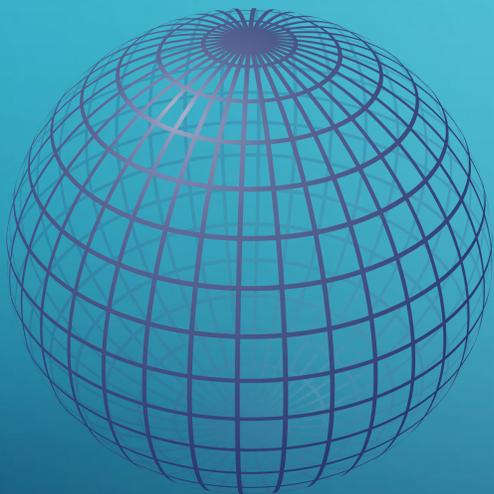


# 从无序到有序，混沌边缘

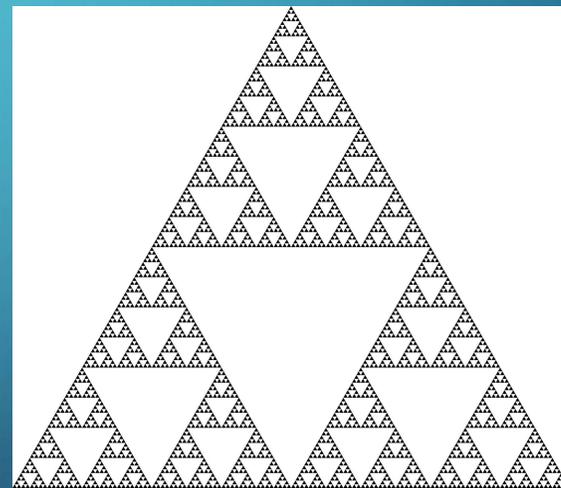
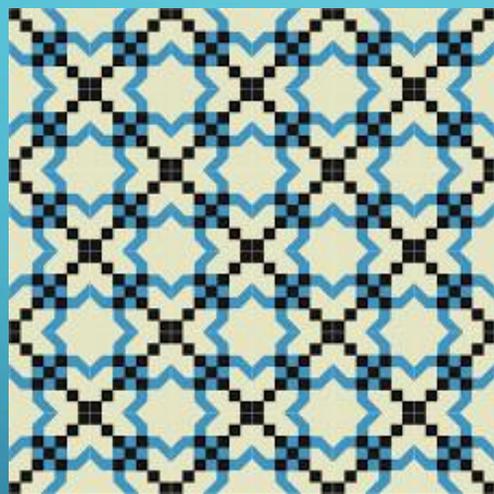
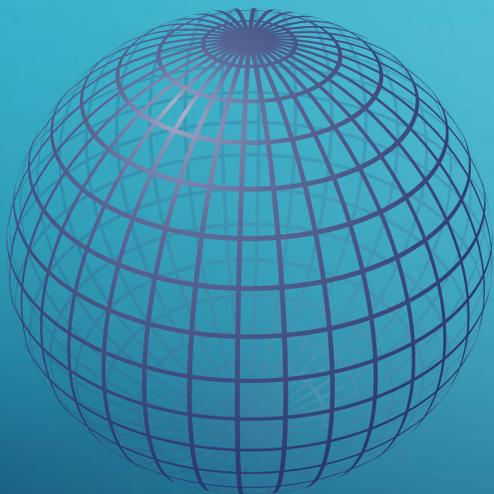
什么是秩序？



# 什么是秩序？



# 什么是秩序？



# 什么是秩序？

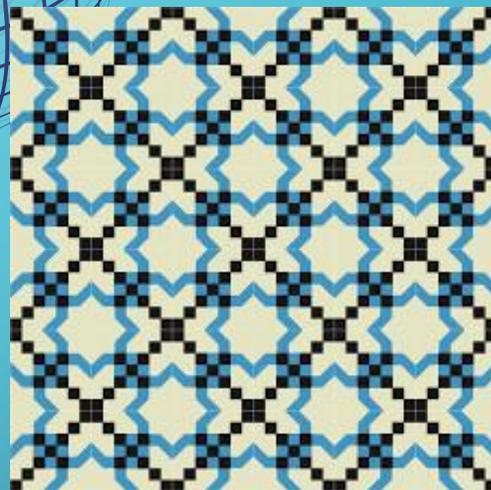
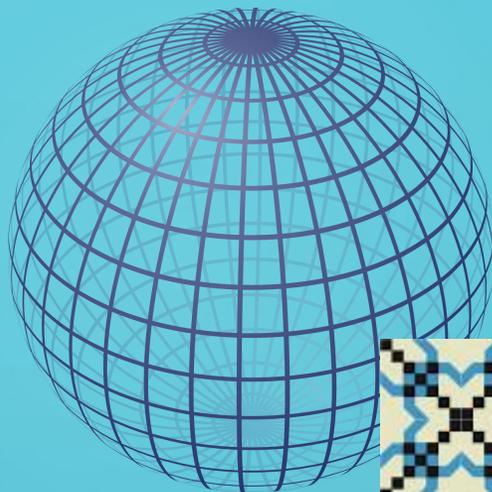
$$f = \frac{GMm}{r^2}$$

$$F = ma$$

$$E = mc^2$$

# 什么是秩序？

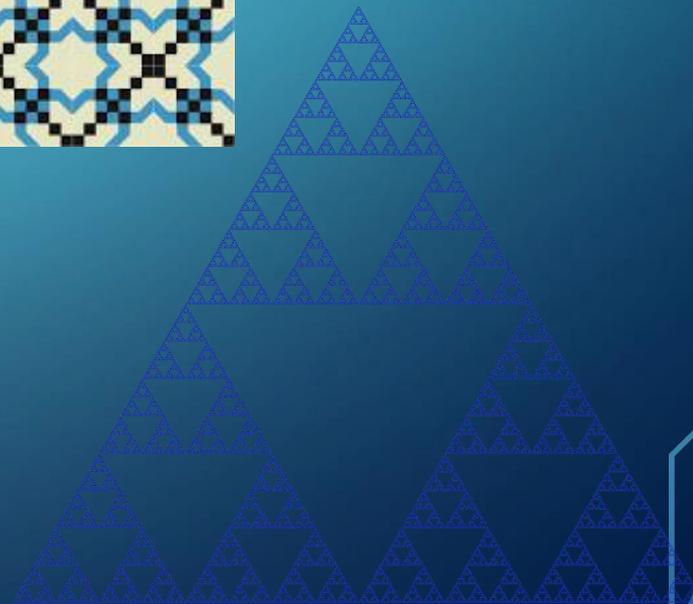
- 秩序就是一种**规则性**
- 这种规则性体现为：
  - 对称性
  - 简洁性
  - 描述体系的**自由度更少**



$$f = \frac{GMm}{r^2}$$

$$F = ma$$

$$E = mc^2$$

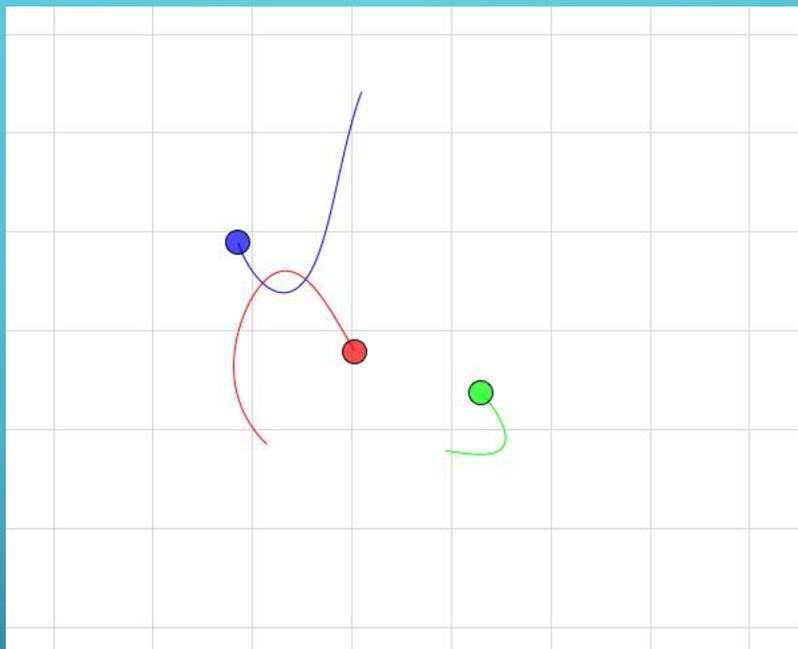




# KOLMOGOROV COMPLEXITY

- 在[算法信息论](#)（[计算机科学](#)和[数学](#)的一个分支）中，一个对象比如一段文字的柯氏复杂性（亦作[柯尔莫哥洛夫复杂性](#)、[描述复杂性](#)、[柯尔莫哥洛夫-柴廷复杂性](#)、[随机复杂性](#)，或[算法熵](#)）是衡量描述这个对象所需要的信息量的一个尺度，即生成这个对象的最小程序的长度。柯氏复杂性是由[安德雷·柯尔莫哥洛夫](#)于1963年发现，所以用他的名字命名。

# 混沌

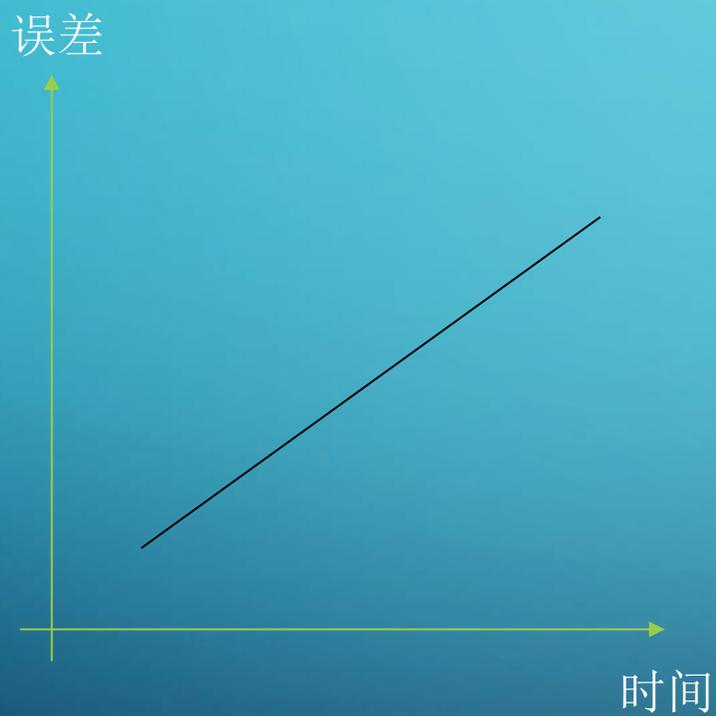


理想混沌系统是一个规则完全确定的系统，不存在随机性

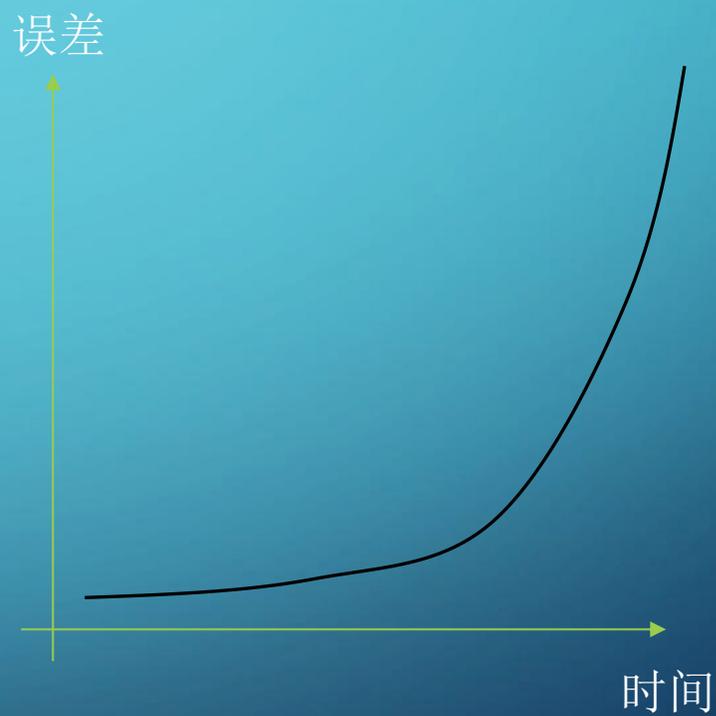
# 初值敏感性



# 误差随时间增长



线性增长



指数增长

这才是混沌系统的典型特征

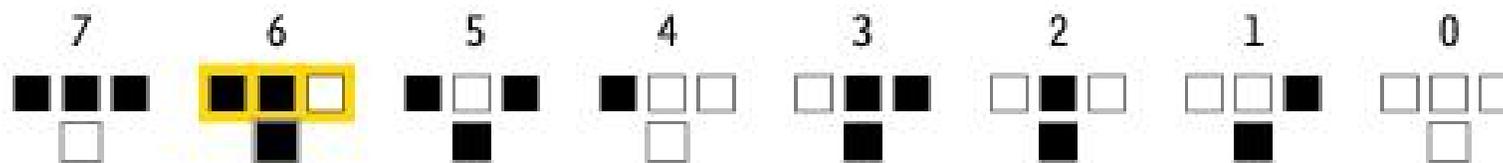


# 一维元胞自动机

current automaton contents



rule 110 (01101110)

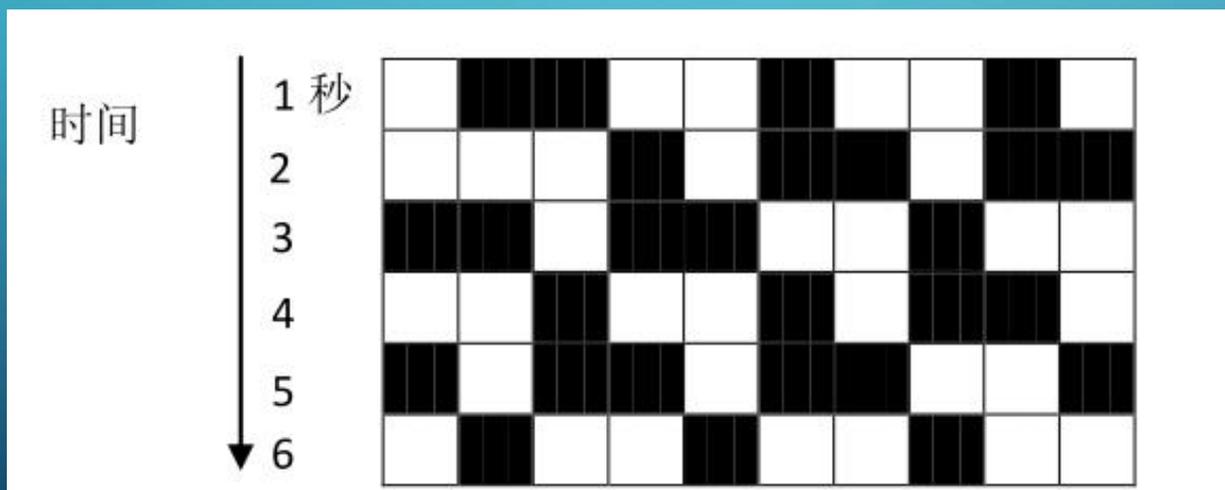


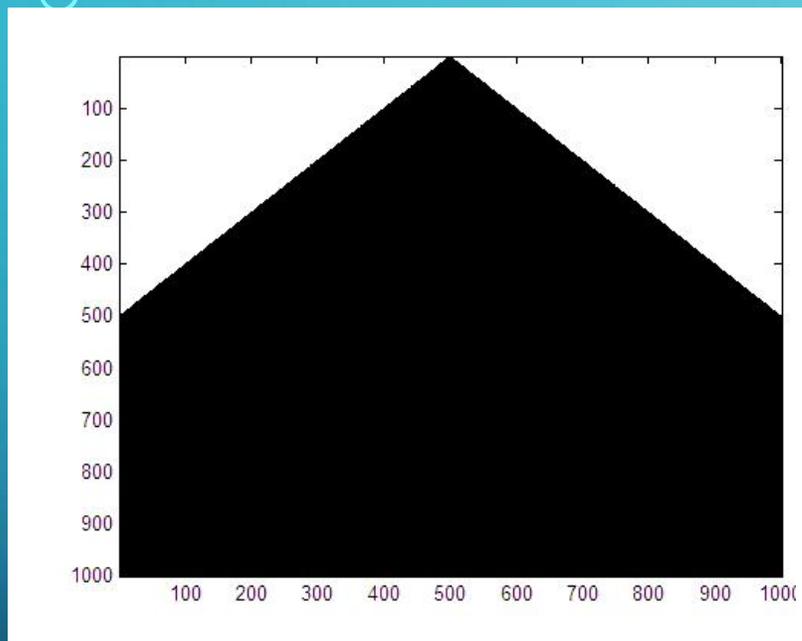
the next generation of the automaton



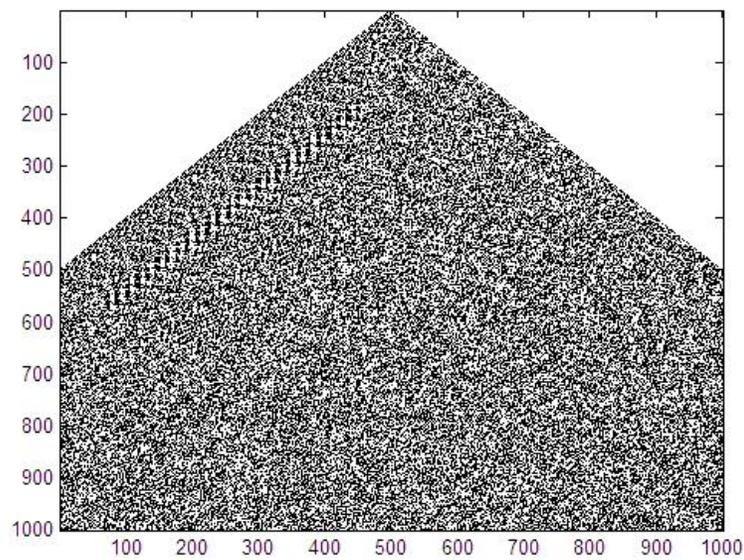
# 一维元胞自动机

- 将某一个时刻所有格子排成一排
- 所有时刻的格子按照时间先后顺序从上到下进行排列，得到一张二维图

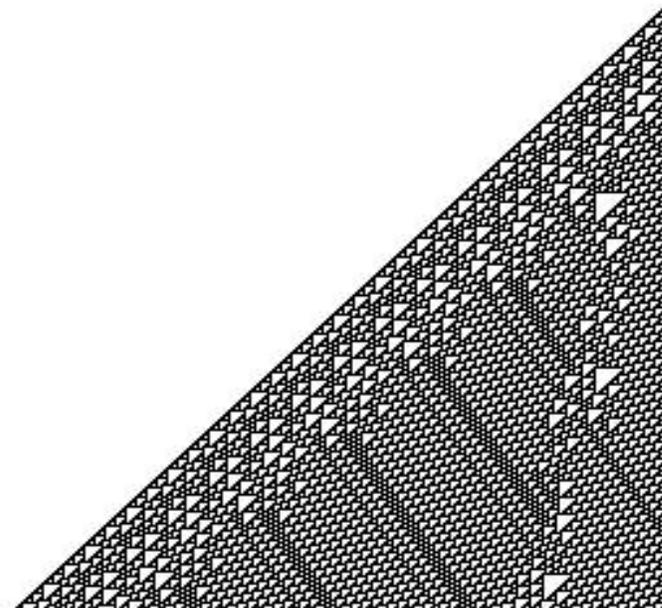




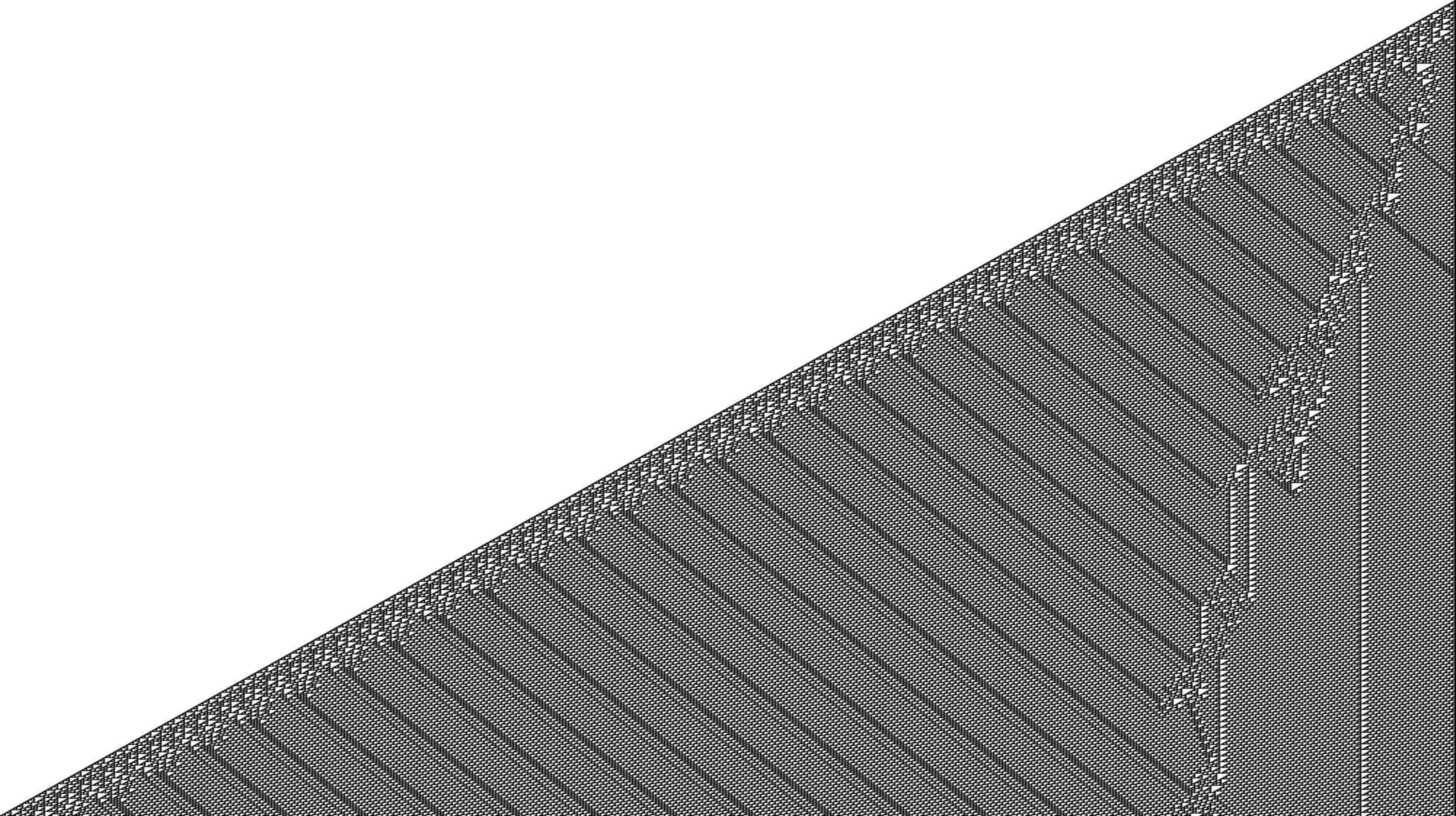
秩序



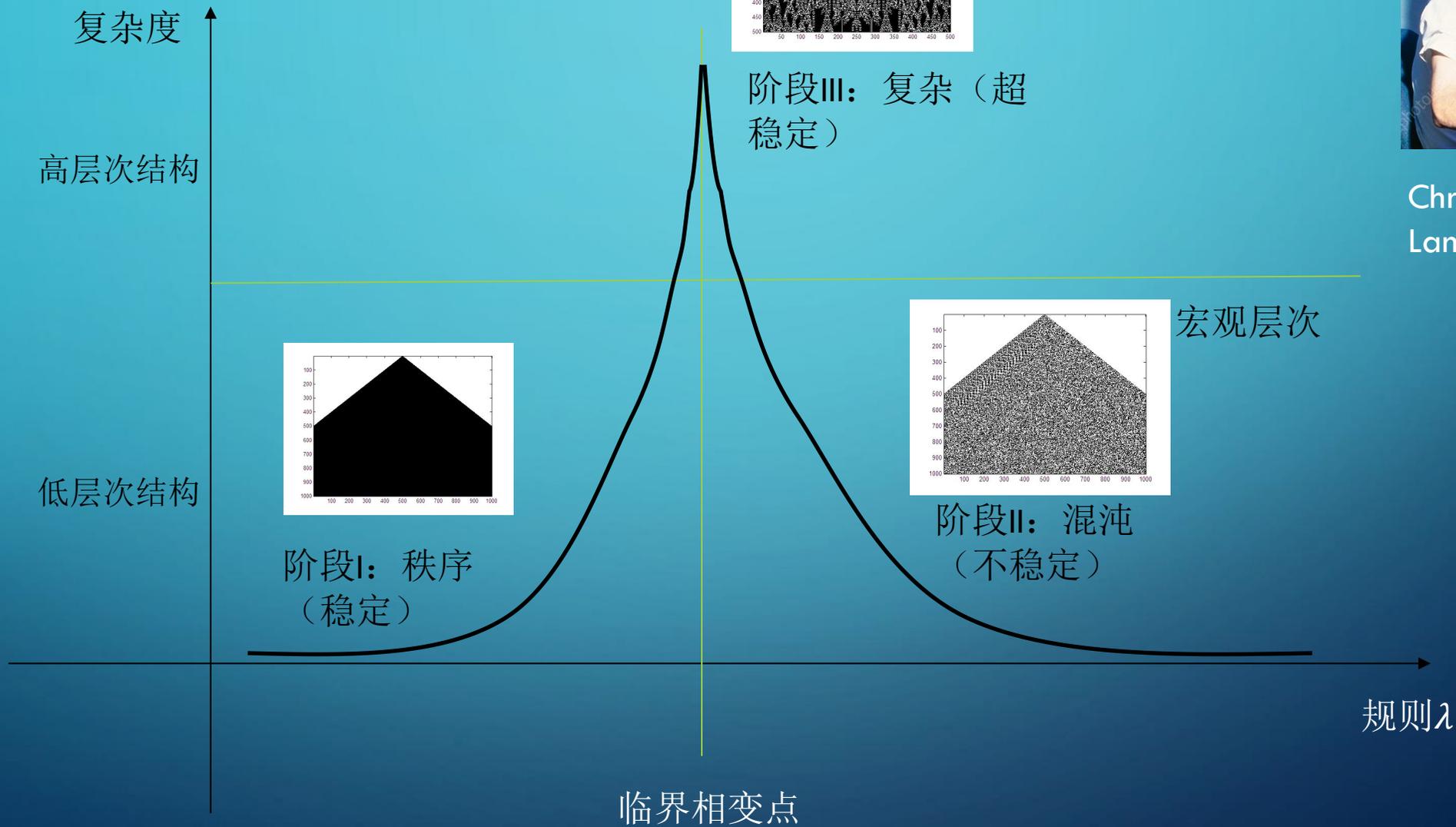
混沌



复杂



# 混沌边缘的相变



Christopher Langton



# 从无序到有序，混沌边缘



- 什么是无序？
- 末世景观：“民要攻打民，国要攻打国”。以色列中没有王，各人任意而行（圣经士师纪）
- 霍布斯—秩序来自于民的权利让渡与王的权力集中。
- 亚当斯密—秩序来自于一只看不见的手—利益与信息完整市场。
- 派森思的共同价值观下「意愿论」是社会秩序的基石。
- 西蒙、科斯、威廉姆森——市场的和组织的的秩序可以相互转换
- 奥斯特罗姆、格兰诺维特、鲍威尔——秩序来自于一次一次的握手

# 三种治理模式之比较

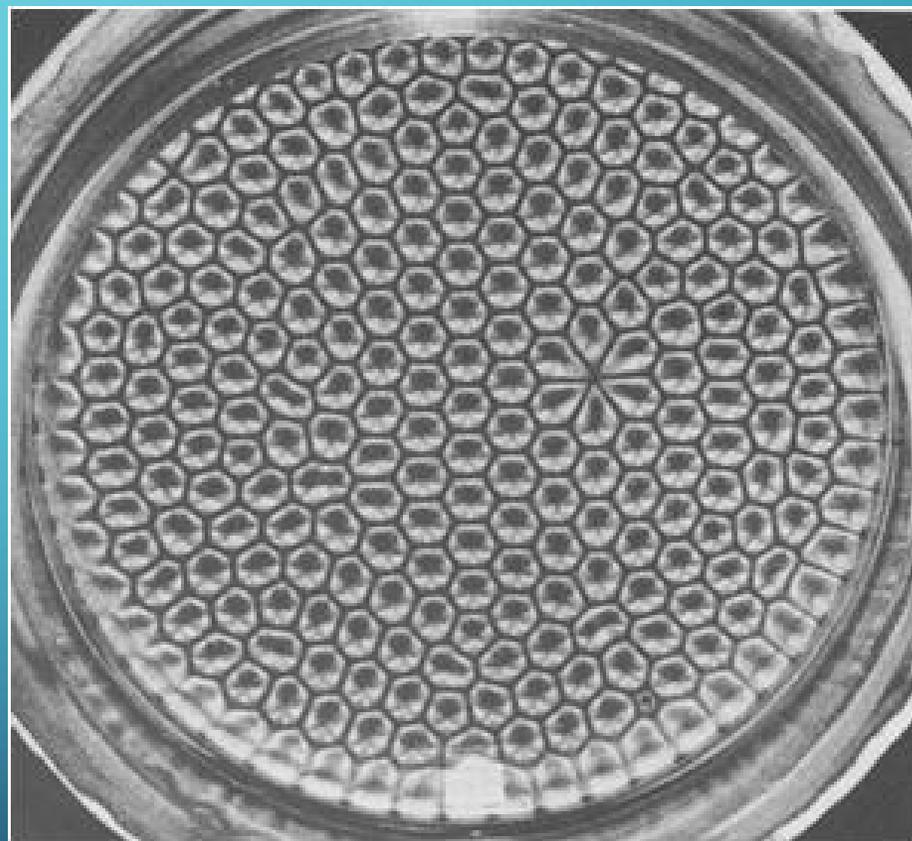
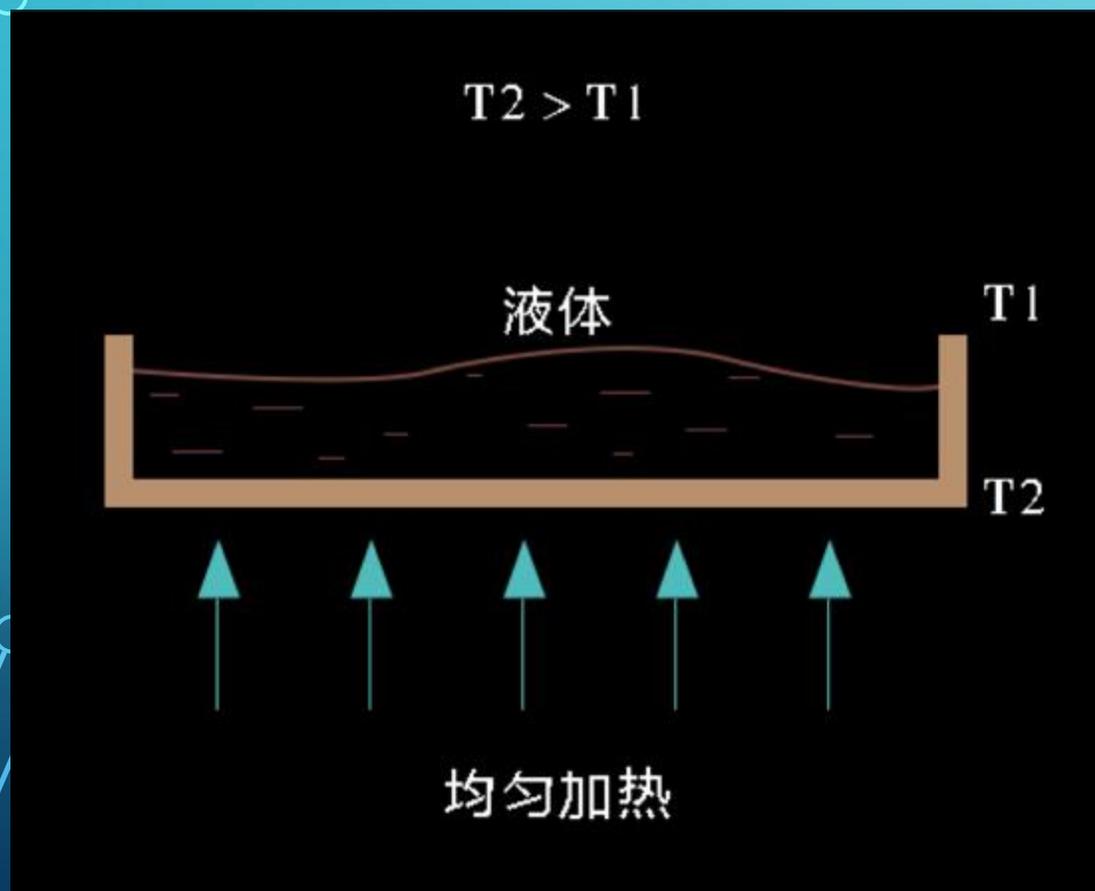
	市场	自组织（社群）	层级（政府）
思想基础	个人主义	社群主义	集体主义
权力基础	个人权利	小团体自治权	大集体的暴力垄断权
人性假设	理性经济人	镶嵌于社会网的人	社会人
关系基础	交易关系	情感关系	权力关系
行为逻辑	竞争逻辑	关系逻辑	权力逻辑
道德基础	守约	伦理	为大我牺牲小我
精神特质	企业家精神	志愿者精神	雷锋精神



# 自组织



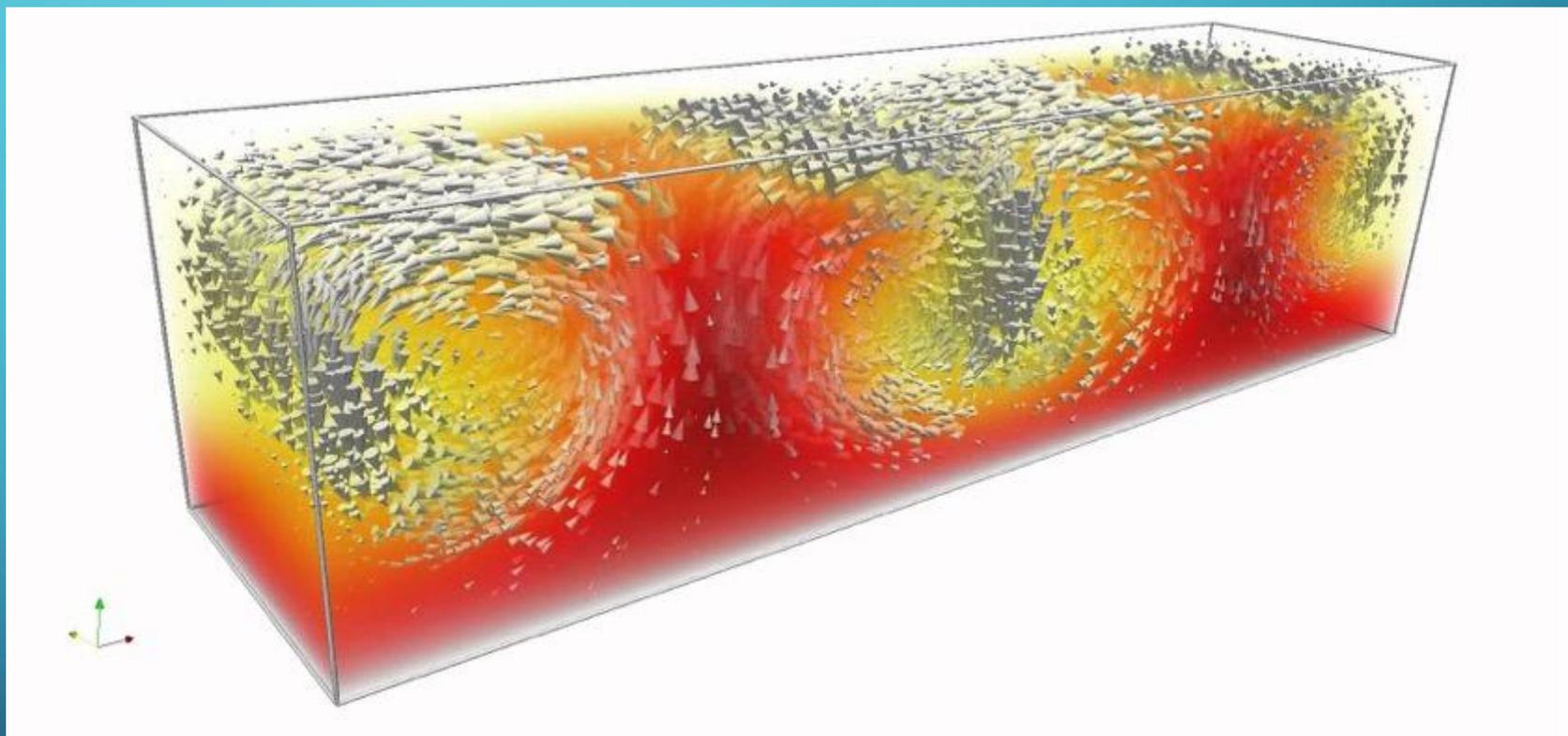
# 贝纳德对流实验



贝纳德对流试验

# 贝纳德对流实验

- 局部相互作用产生集体运动
- 集体运动导致长程关联
- 长程关联导致宏观秩序结构 (Pattern) 的涌现

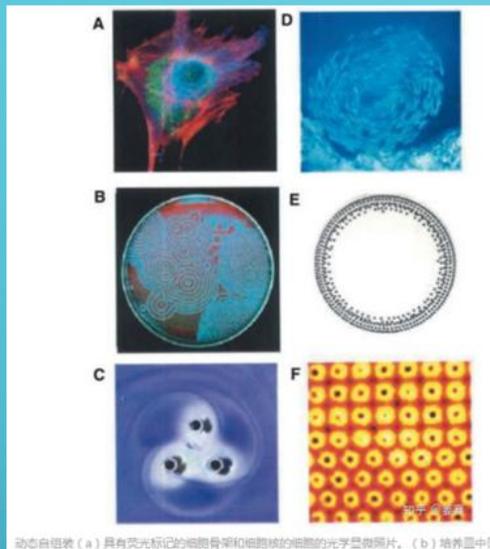




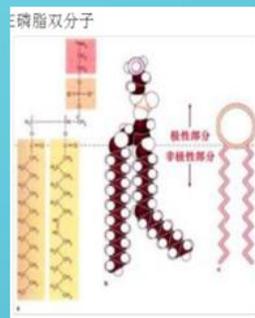
# 斑图形成、自催化

# 广义的PATTERN

动力系统



动态自组装 (a) 具有荧光标记的细胞骨架和细胞核的细胞的光学显微照片。(b) 培养皿中



相变/自组装

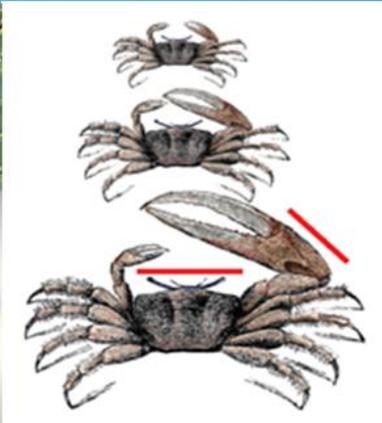
幂率与分形



网络/控制系统



耗散结构



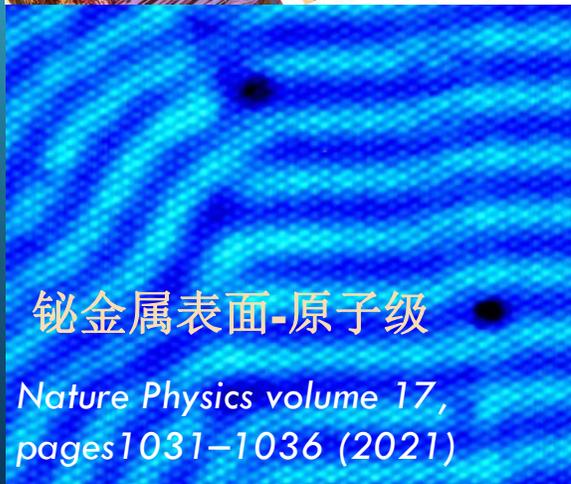
Swarming  
分布式集群涌现

# 狭义的Pattern:Turing Pattern?



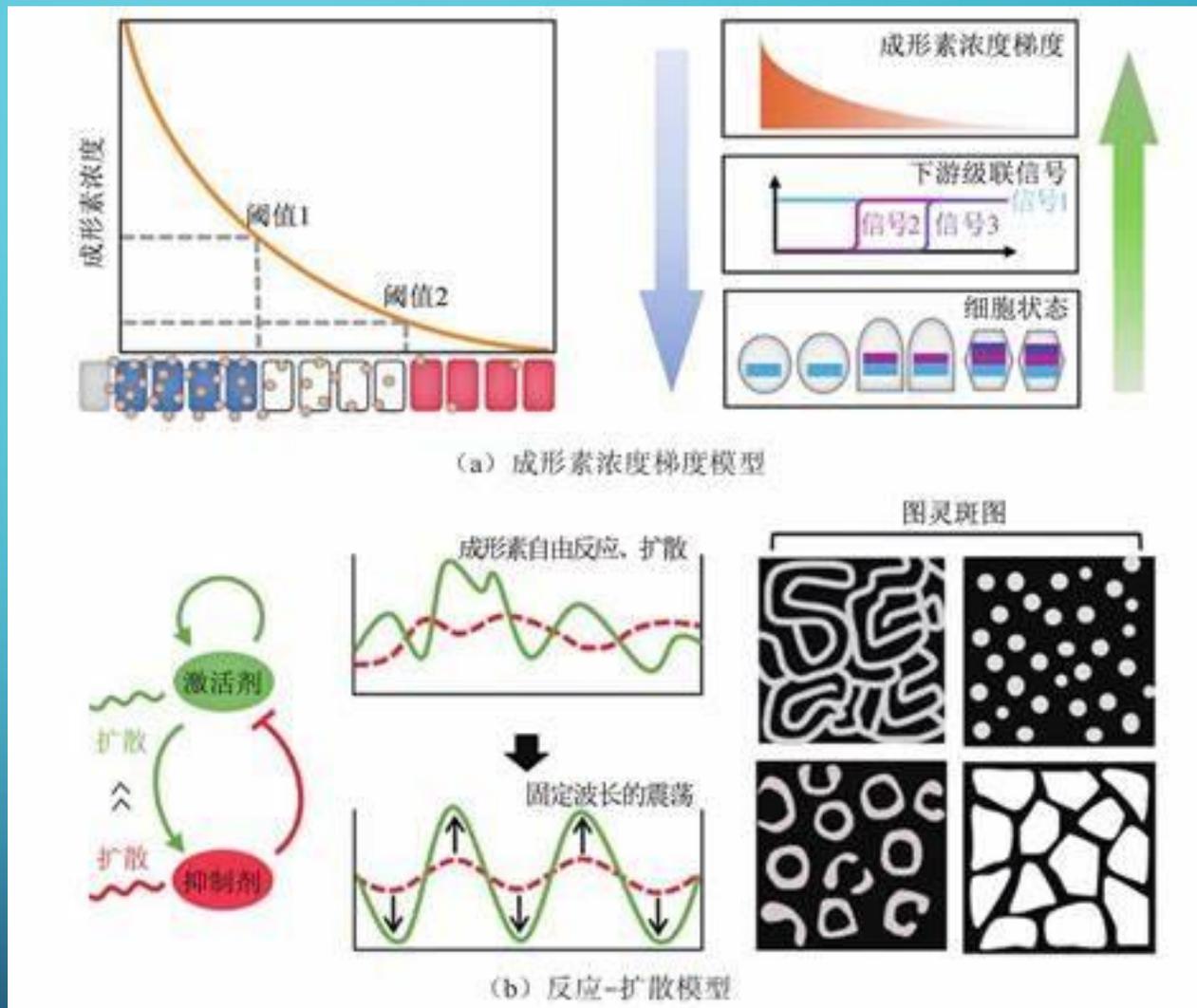
# 图灵斑图

图灵于1952年，在《形态形成的化学基础》中阐述了一类可以用反应-扩散（reaction-diffusion）方程描述的斑图，被后人称为图灵斑图（Turing Pattern）。



铂金属表面-原子级

Nature Physics volume 17,  
pages 1031–1036 (2021)

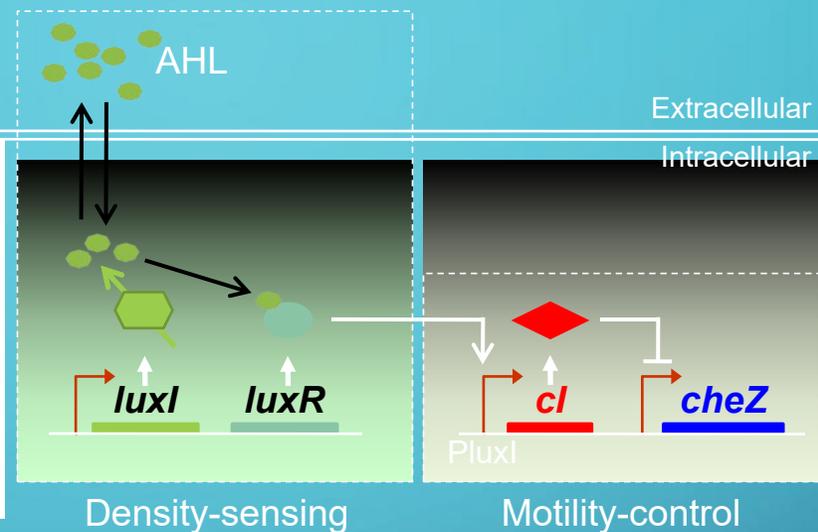


合成生物学在探索生物图案形成基本原理中的应用与展望

doi: 10.12211/2096-8280.2020-011

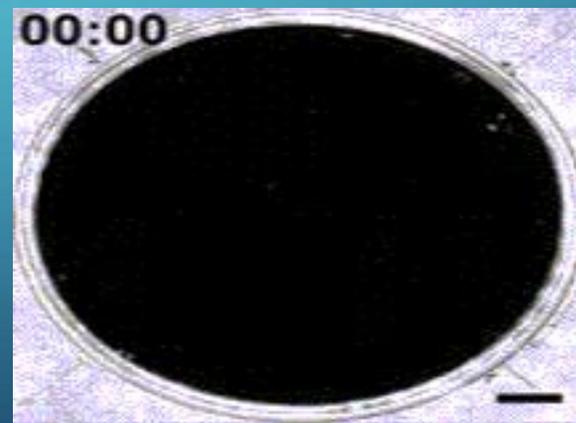
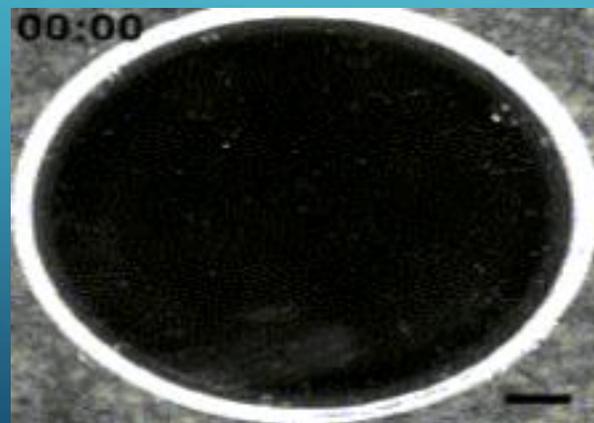
# 里程碑实验

细胞密度



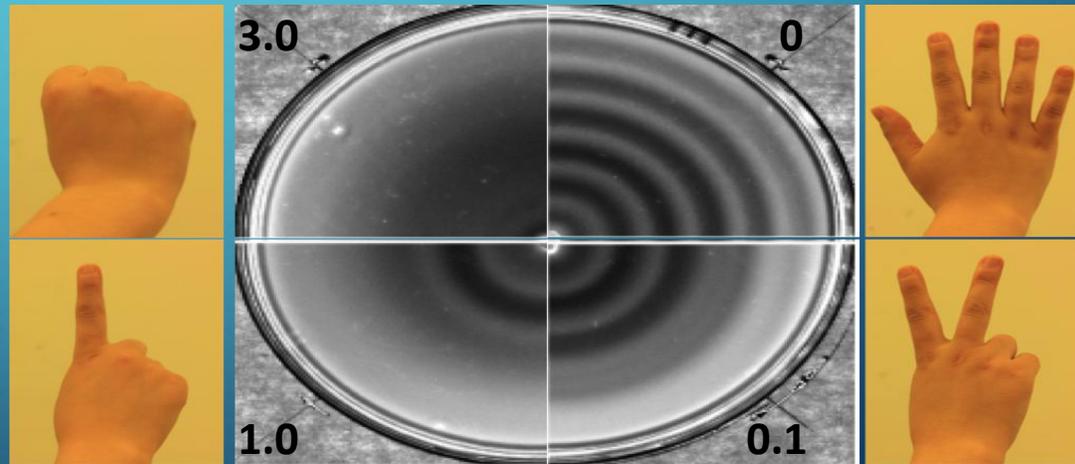
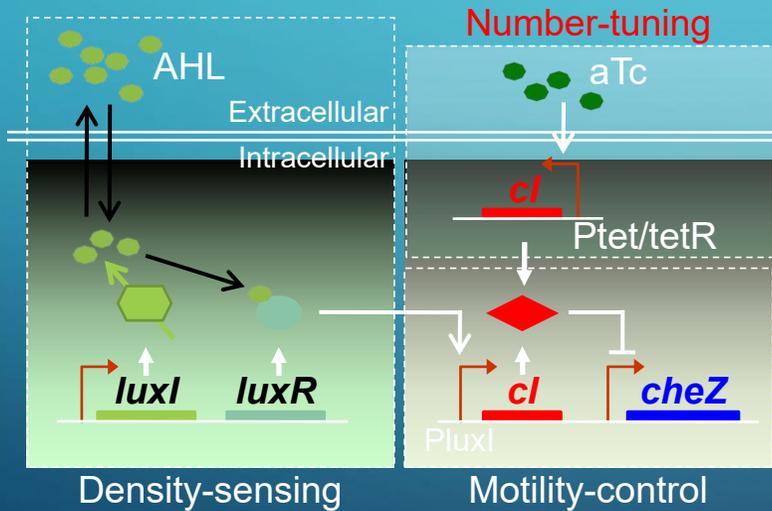
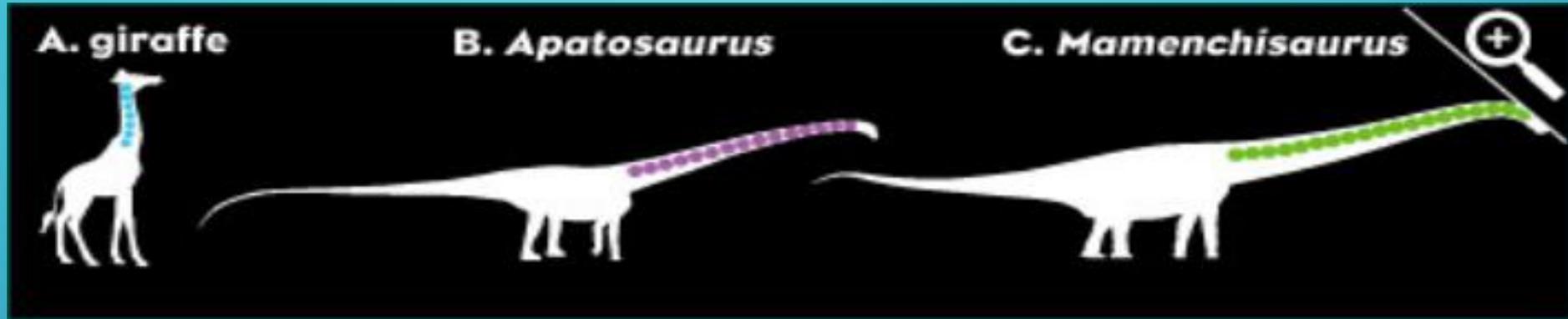
Wild type

Synthetic strain



Liu C. et al., *Science* 334, 238 (2011)

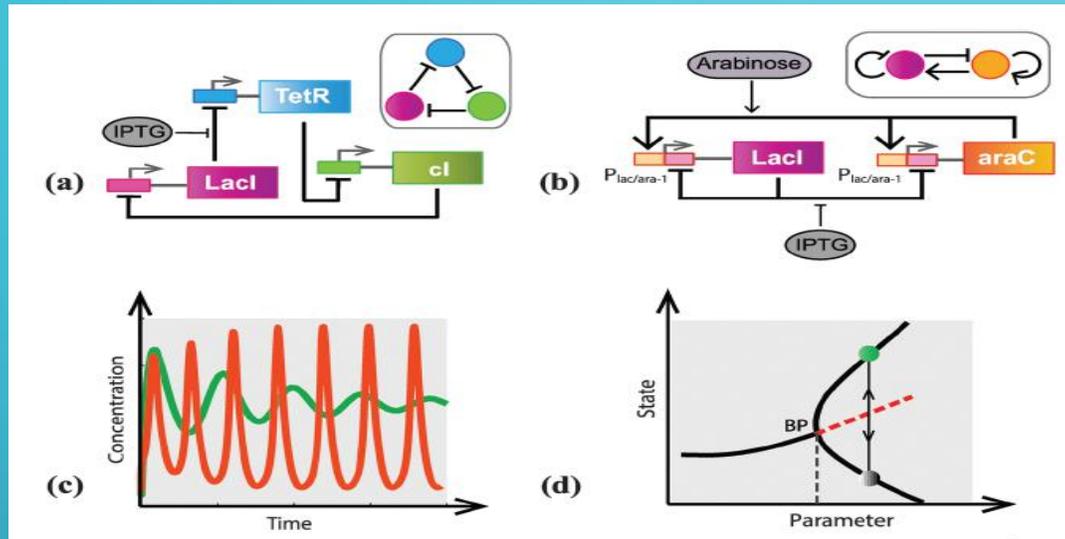
# 解释体节形成:



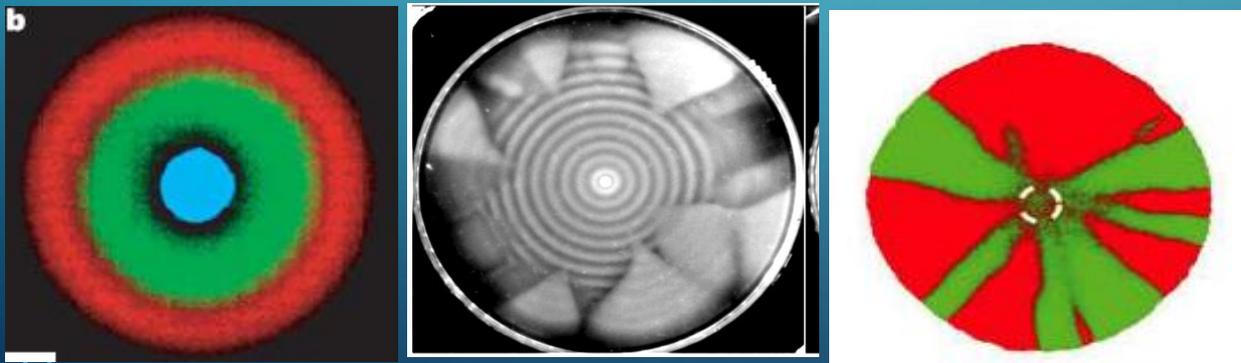
Liu C. et al, *Science* 334, 238 (2011)

Fu X. et al, *Phys. Rev. Lett.* 108, 198102 (2012)

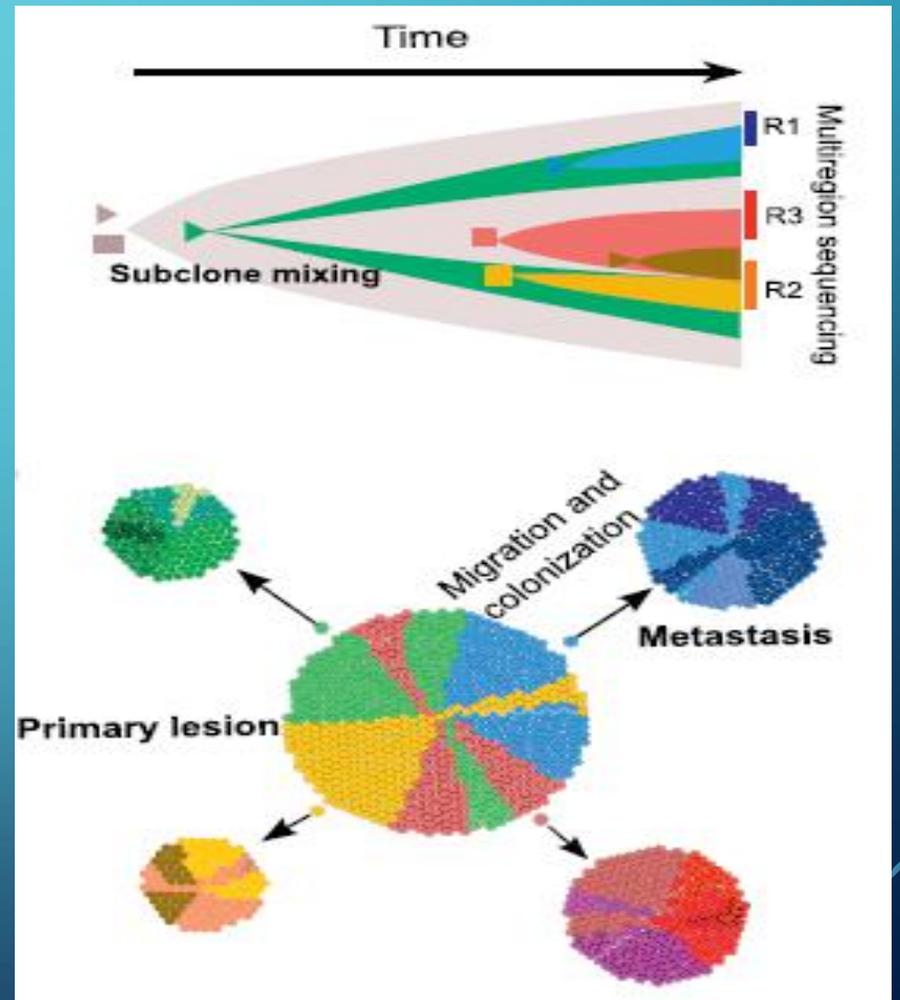
# 肿瘤和群体演化



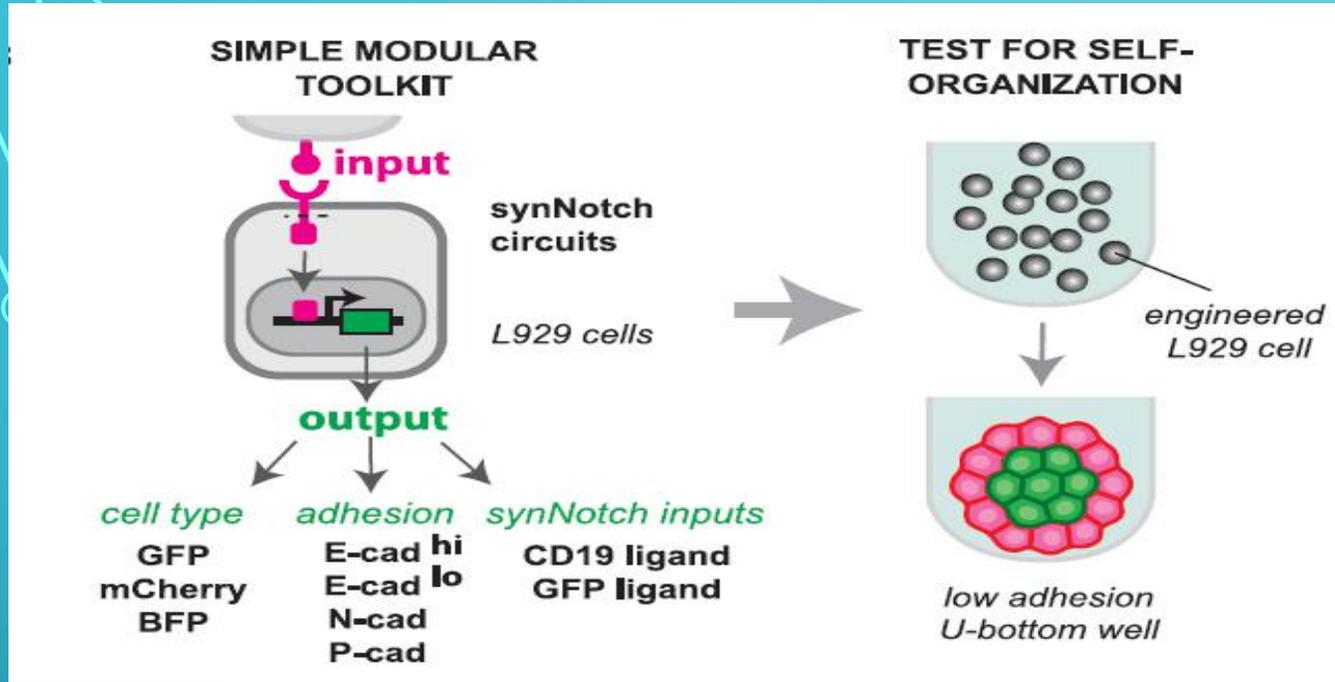
- 1, 研究网络的拓扑结构
- 2, 网络的泛化→复杂化



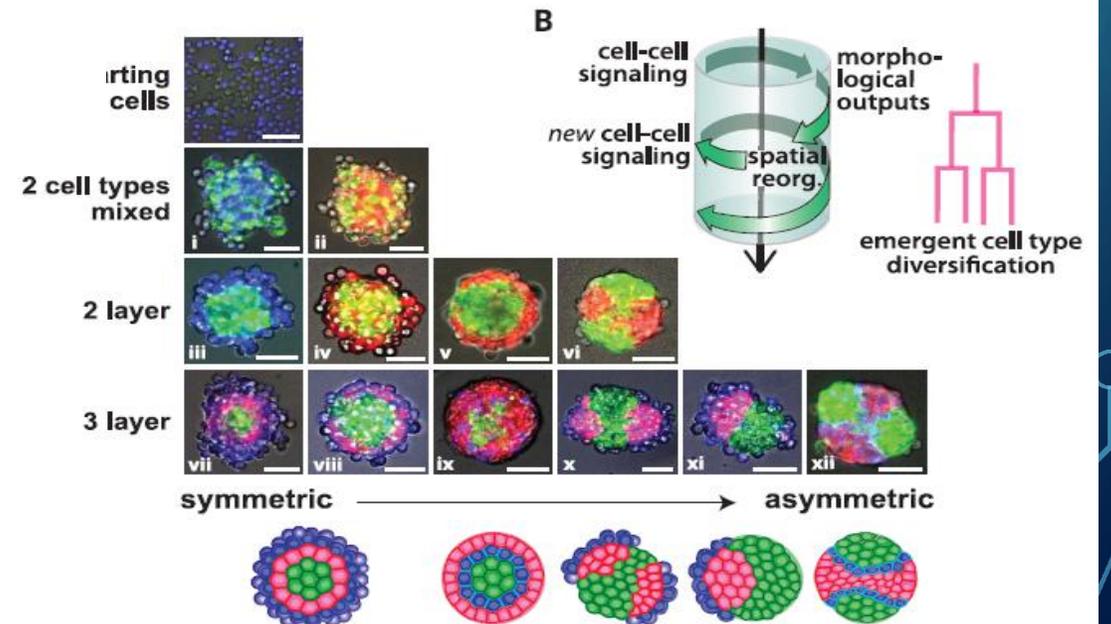
## Heterogeneity and evolution



# 胚层与早期发育3D

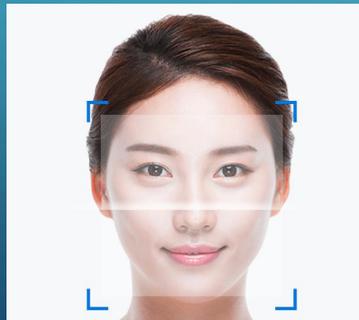
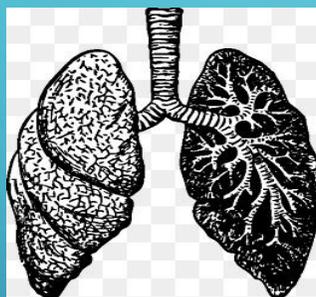
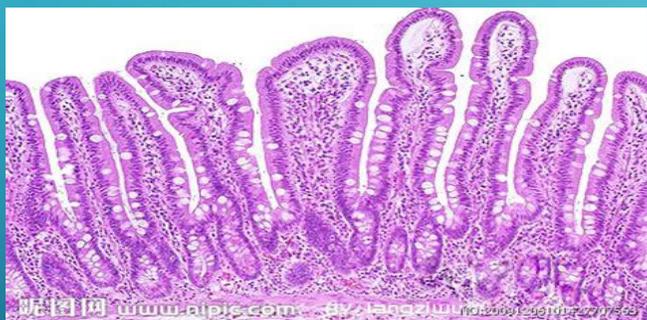
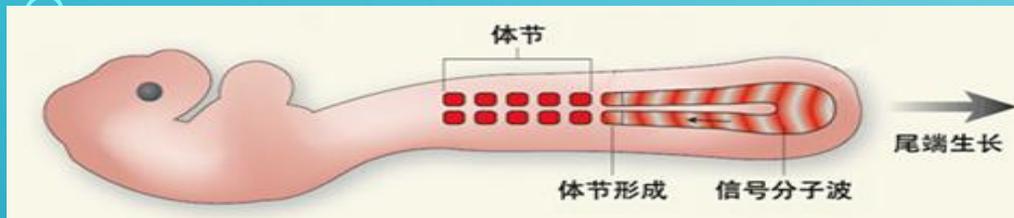


Toda et al. Science 361, 156-162(2018)

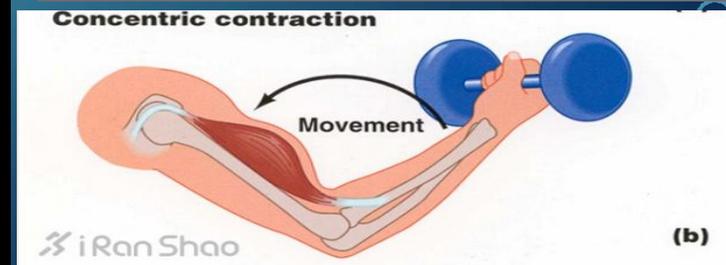
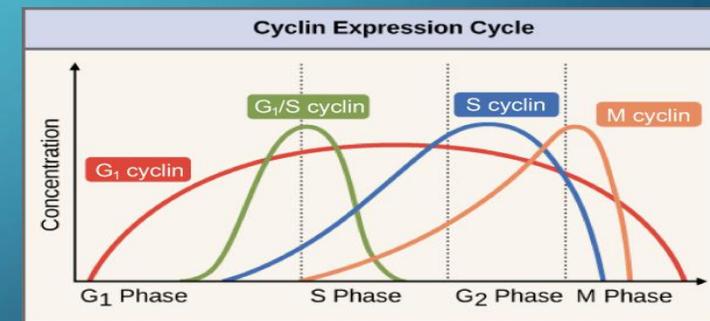
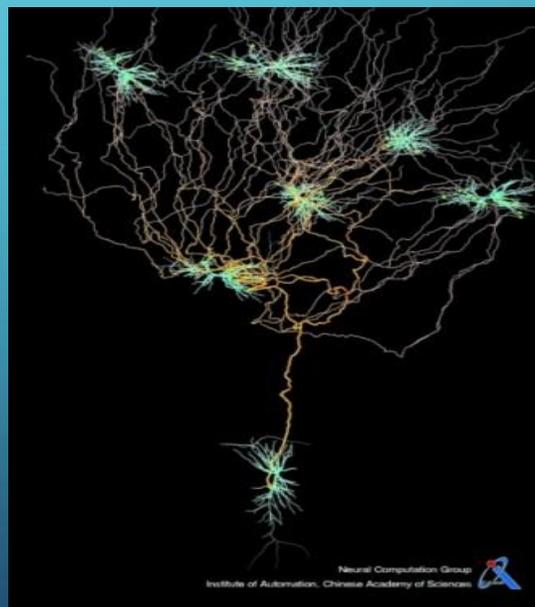
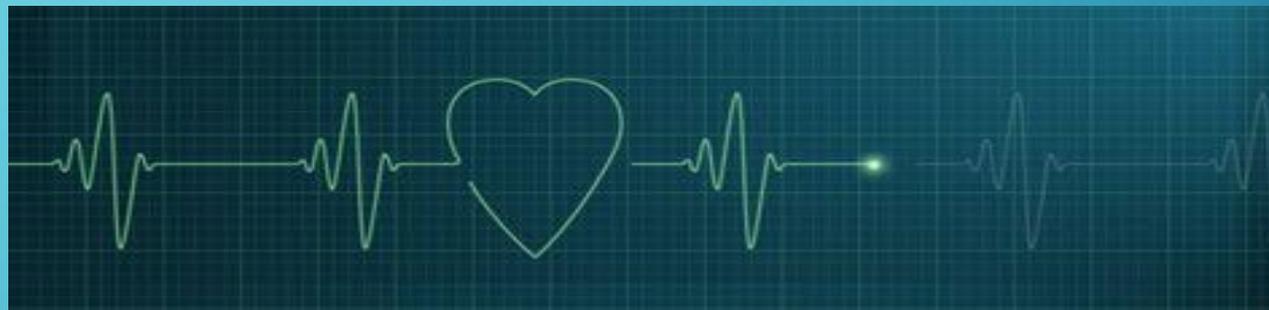


# 时-空的PATTERN

## Spatial Patterns



## Time-scale Patterns



iRan Shao

(b)

# 数学的斑图： FRACTAL PATTERN

## 用数学的视角看世界，神奇的数学结构

一定已经发现，它们之所以看起来如此赏心悦目，除了晶莹润泽的色彩外，还因为它们有着完美的几何图形！有些具有分形，有些则具有对称性。



多叶芦荟的叶子紧密地按顺时针(或顺时针)方向螺旋，通常有五层螺旋，每层都排列成一个均匀的圆形，和植株整体形状相同。



非洲菊

## 用数学的视角看世界，神奇的数学结构

伽利略就曾说：“自然界伟大的书是用数学语言写成的，其特征为三角形、圆形和其他几何图形，没有这些几何图形，人们只能在黑暗的迷宫中做毫无结果的游荡”。



向日葵



姜叶丁香蓼



多肉

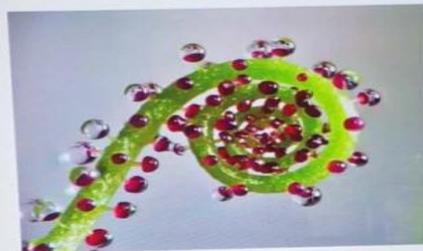


某种蕨类的叶子梯就像梯子一样排列着

欣赏了以上大自然为我们打开的美图，你在思考什么？我们听说的，看到的，理解的，不理解的，其实都是用数学模式打开，或正与数学发生着千丝万缕的关系。这个世界，数学无处不在！

## 用数学的视角看世界，神奇的数学结构

如果你觉得上面的数学世界逼格过高，你有些HOLD不住，下面这一组美图，将带你走进一个极致的数学美学世界！



露叶毛毡苔科



Hoya Aldrichii

## 用数学的视角看世界，神奇的数学结构

自然界中这些神奇的几何图案除了给人以美的感受也给人以智慧的启迪。



半边莲

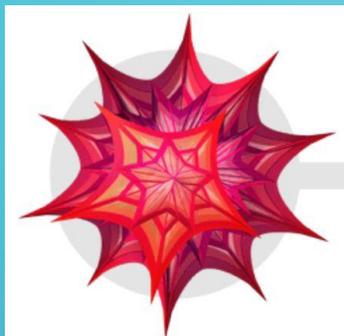
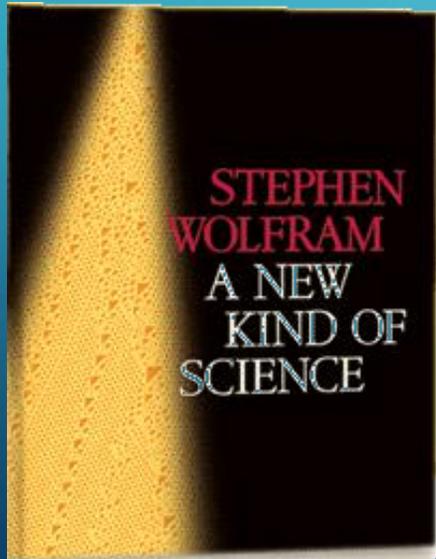


卷心菜剖面

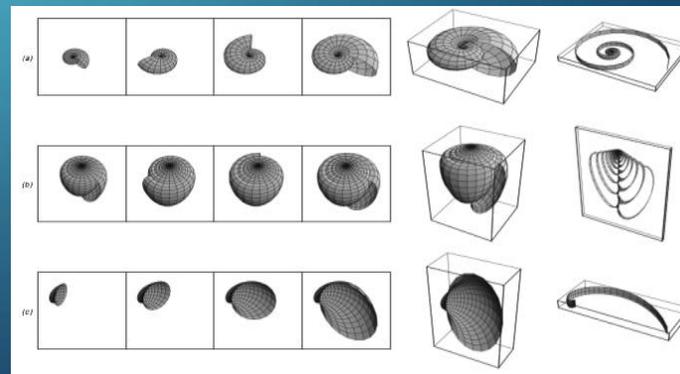
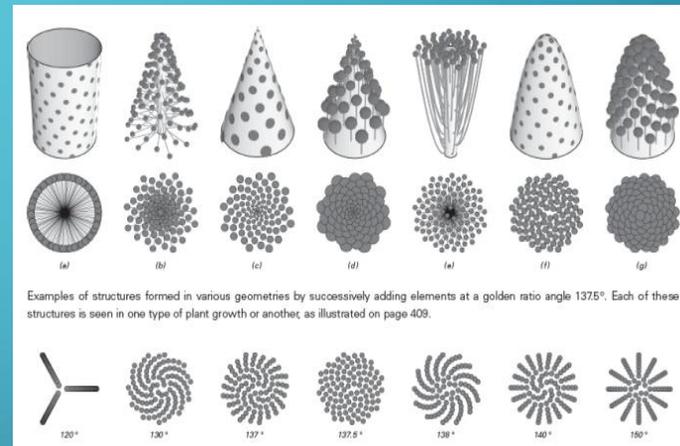
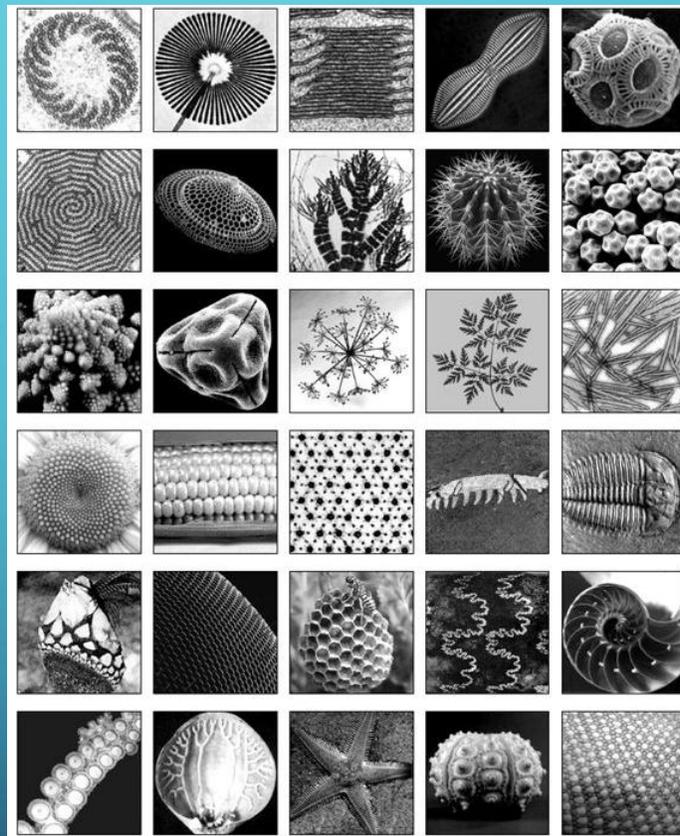
# 元胞自动机与斑图动力学



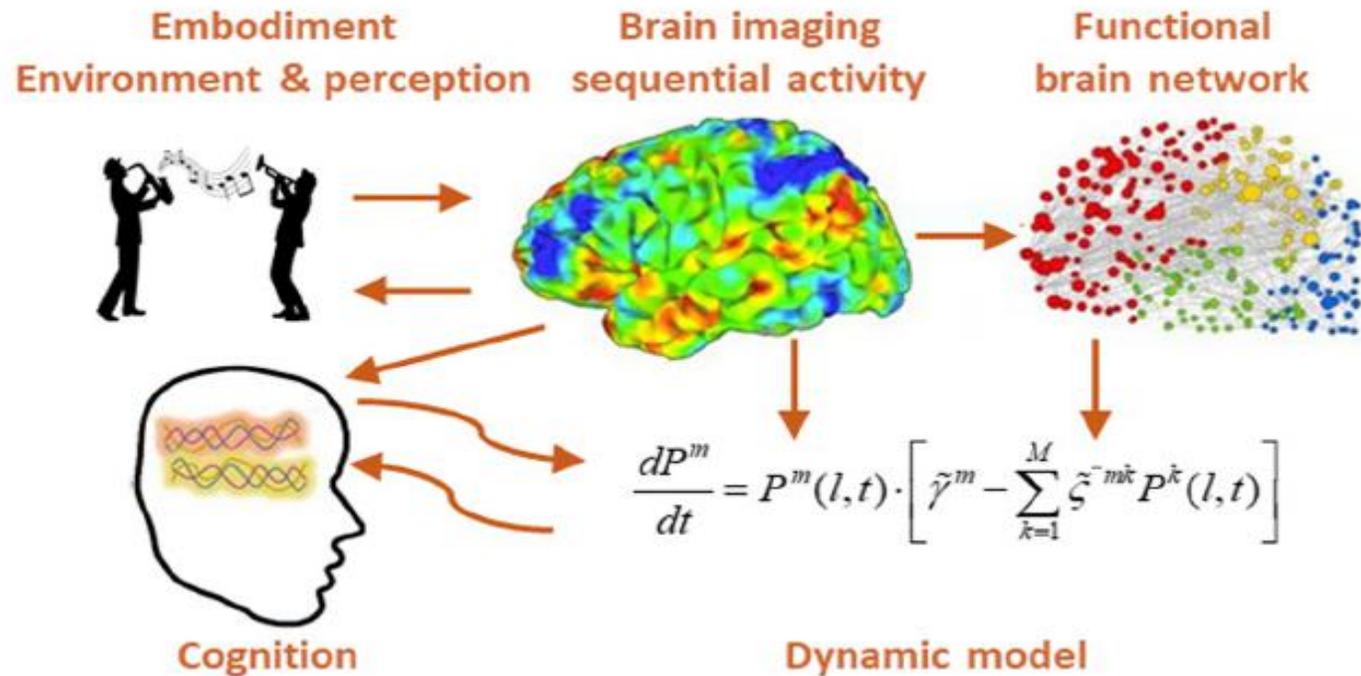
Stephen Wolfram



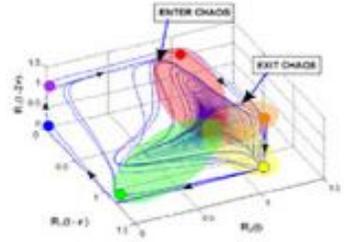
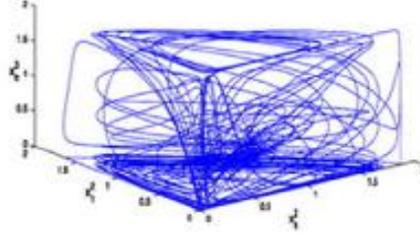
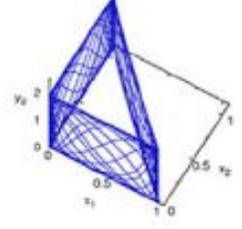
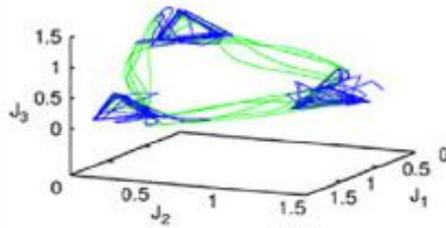
Mathematica 12.1 现已发布!



# dirty系统中的 斑图动力学

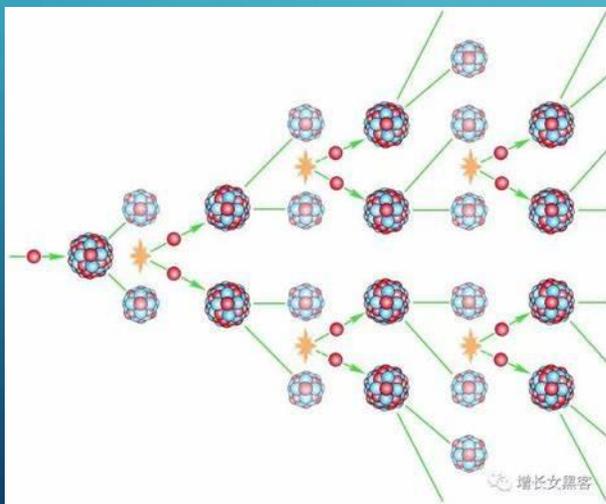
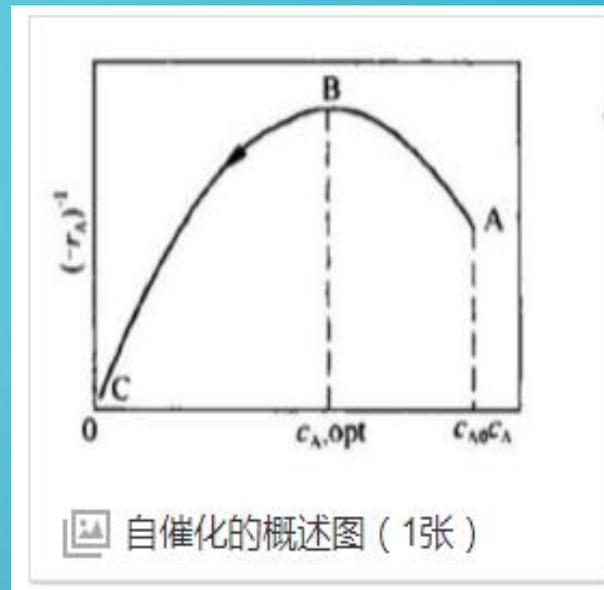


M.I. Rabinovich, M.A. Zaks and P. Varona Physics Reports 883 (2020) 1–32

Phase portraits of trajectories close to the heteroclinic skeleton	Examples of associated cognitive phenomena and references
	<p>Heteroclinic chimera in a stable heteroclinic network with several metastable states</p> <p>Rabinovich et al. <i>Frontiers in Systems Neuroscience</i> 8: 220 (2014).</p>
	<p><b>Binding heteroclinic network</b></p> <p>Afraimovich et al., <i>Chaos</i>, 25: 103118 (2015) Rabinovich &amp; Varona, <i>Front. Comput. Neurosci.</i> 12: 73 (2018).</p>
	<p><b>Heteroclinic synchronization and heteroclinic tori</b></p> <p>Afraimovich et al., <i>Chaos</i>, 28 053107 (2018).</p>
	<p><b>Chunking of components with different time scale</b></p> <p>Rabinovich et al, <i>Front. Comput. Neurosci.</i> 8 (2014).</p>

# 自催化

1. 化学反应的产物作为催化剂的反应。
2. 起始要加入少量产物启动反应；
3. 封闭体系中，反应速率起始较慢，之后逐渐加快，最后再次变慢。

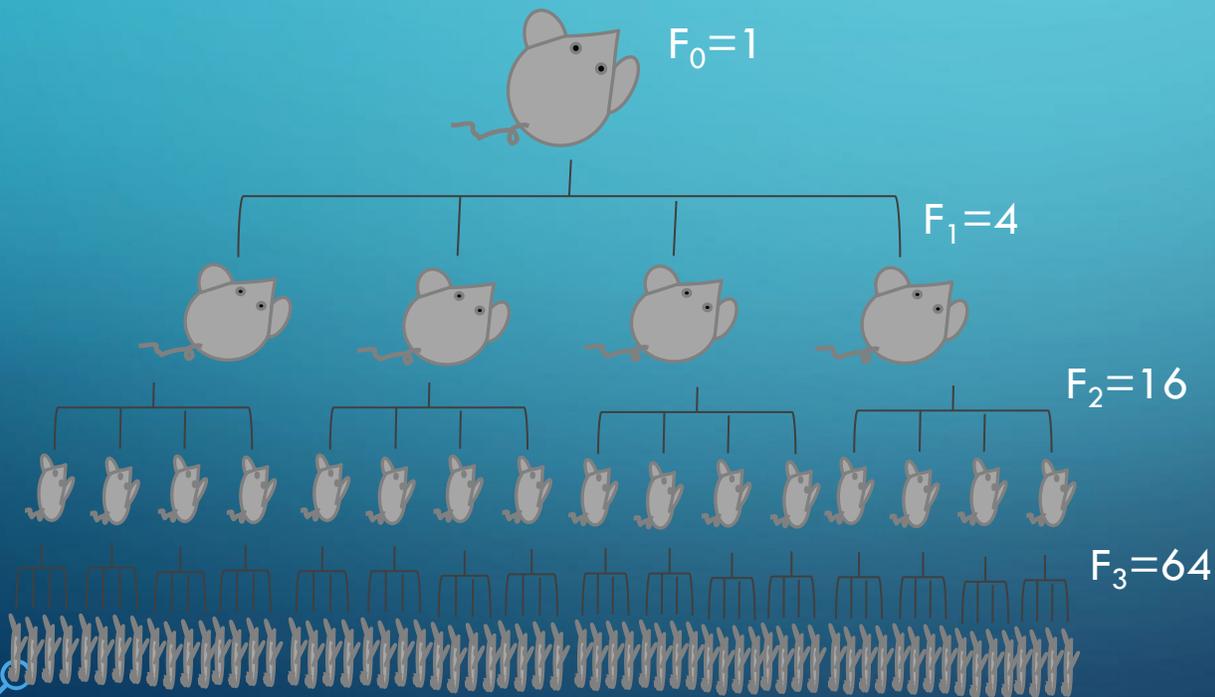


物理学类似的（协同效应）：激光/裂变

# 核心：（每个）产物都具有催化效应

eg. 1. 😊 细胞信号的级联放大作用：肾上腺素生血糖50%，产生  $10^4$  数量级cAMP；

eg. 2. ☹️ 超敏反应/细胞因子风暴



eg. 连锁加盟：

标准化物料流程 vs 人员培训

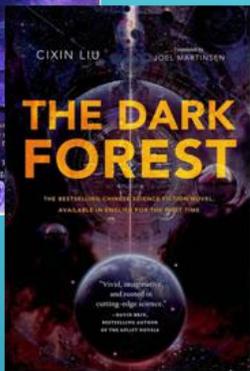
哪个更重要，为什么？

# 想一想：

电影



其他小说



翻译作品

哪一种传播力更强？



广播剧



多媒体展



动漫

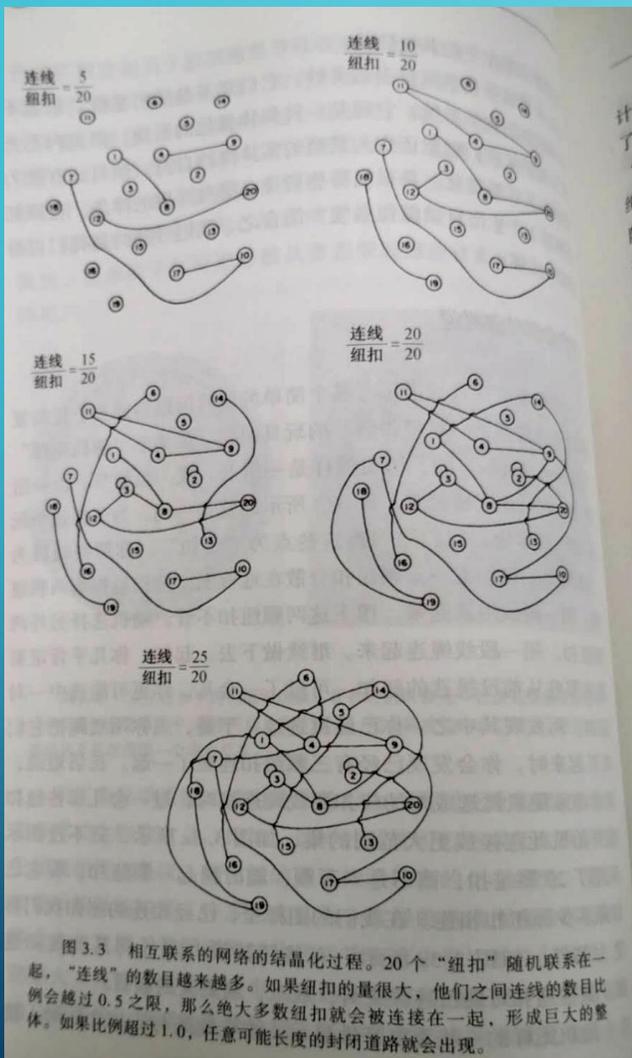


动漫周边



舞台剧

# 纽扣模型和自催化集

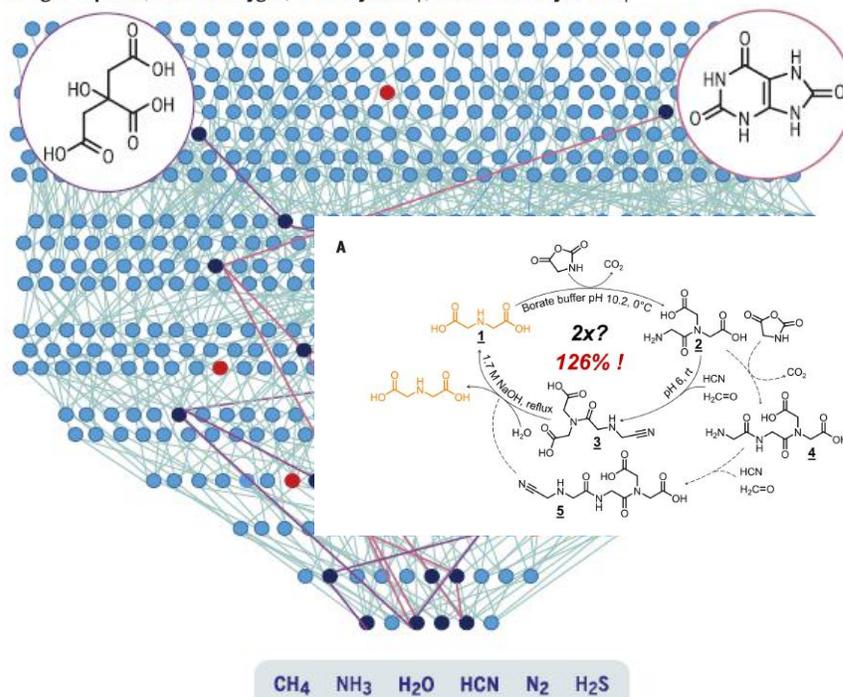


## RESEARCH ARTICLE SUMMARY

### PREBIOTIC CHEMISTRY

## Synthetic connectivity, emergence, and self-regeneration in the network of prebiotic chemistry

Agnieszka Wołos\*, Rafał Roszak\*, Anna Żądło-Dobrowolska\*, Wiktor Beker, Barbara Mikulak-Klucznik, Grzegorz Spólnik, Mirosław Dygas, Sara Szymkuć†, Bartosz A. Grzybowski†





# 自组织、自催化

# The Emergence of Organizations and Markets

John F. Padgett and Walter W. Powell



Elinor  
Ostrom

Governing  
the Commons

The Evolution of Institutions  
for Collective Action

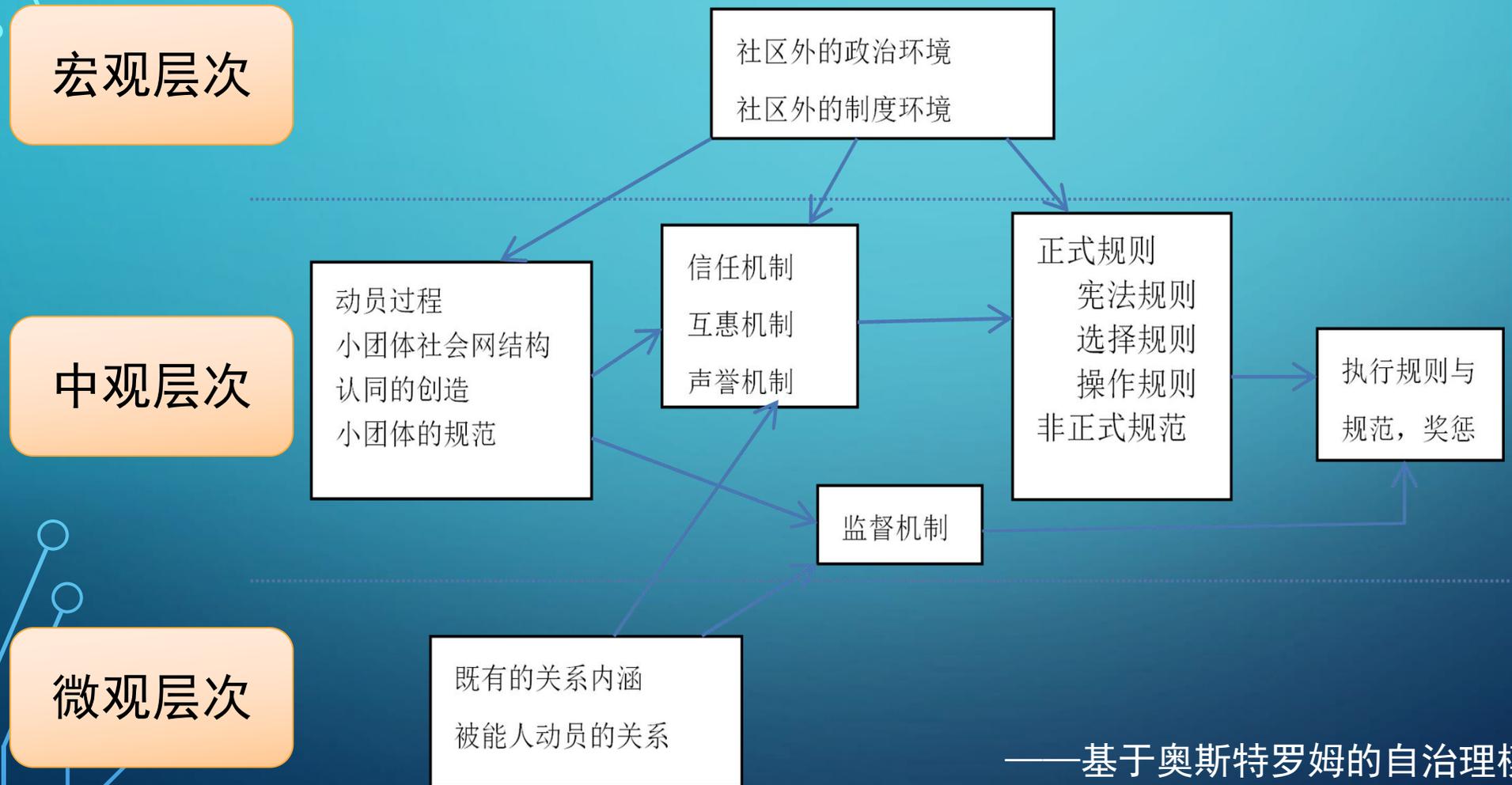
# 奥斯特罗姆(OSTROM)自治理论

## --自组织规则设计

- 三种规则：
  - 1, 操作规则：集体行为开展的具体方式。如在杨柳范例中包括：谁去买钢板，如何施工，哪一户施工等
  - 2, 集体选择规则：集体决策如何制定。如杨柳村关于房屋材质的选择问题，规定四连排的房屋屋顶需统一
  - 3, 宪法规则：即谁有权力制定最初的规则。比如谁决定在杨柳盖房，谁有权利参加决策会议等

# 自组织的过程理论

## 中国社会中的自组织过程



——基于奥斯特罗姆的自治理模型 (Ostrom, 1998)  
罗家德、李智超 (2012) ; 罗家德、孙瑜、楚燕 (2014)

个案名称	Y镇童鞋行业协会	S镇家协	SEMATECH
成立背景	为数众多的企业生产同质产品，面临恶性竞争	为数众多的企业生产同质产品，面临恶性竞争	在日本强势竞争下，美国分散的半导体全行业面临危机
面临的问题	恶性压价竞争、抄袭、挖工人	恶性压价竞争、抄袭、挖工人	企业害怕泄露专利信息，信任度不够，难以合作研发

发展过程

<p>建立基础</p>	<p>政府号召</p>	<p>政府号召；王总的口碑和第三方的身份，成为公认的良好“带头人”</p>	<p>“黑皮书”奠定基础框架 包括四方面内容：政府关系、组织框架、资金来源、人力资源。由负责人分别起草详尽的条框和规定，再历经2天所有成员间的激励讨论，最后达成妥协和共识。这为建立共识和信任奠定了良好基础</p>
<p>人员机制</p>	<p>协会没有专业人员</p>	<p>共有7个员工。除协会秘书长秘外，6个全职，由会长企业聘用。</p>	<p>(1) 直接雇员：稳定，充当会议的协调员 (facilitator)，以第三方立场促进讨论和交流 (2) 委任人员 (assignee)，从母公司指派，在协会工作2年，在母公司领薪水。通常是高管或核心技术人员，并仍保持在母公司的兼职</p>
<p>资金来源</p>	<p>没有资金，会员也不愿缴纳会费</p>	<p>来自会费和协会付费服务。家协运行之初，会长贴钱协助协会运行</p>	<p>来自成员捐款和政府拨款</p>
<p>领导</p>	<p>行业内企业经营者</p>	<p>行业外企业经营者</p>	<p>原行业有资深人士，辞职专职担任</p>

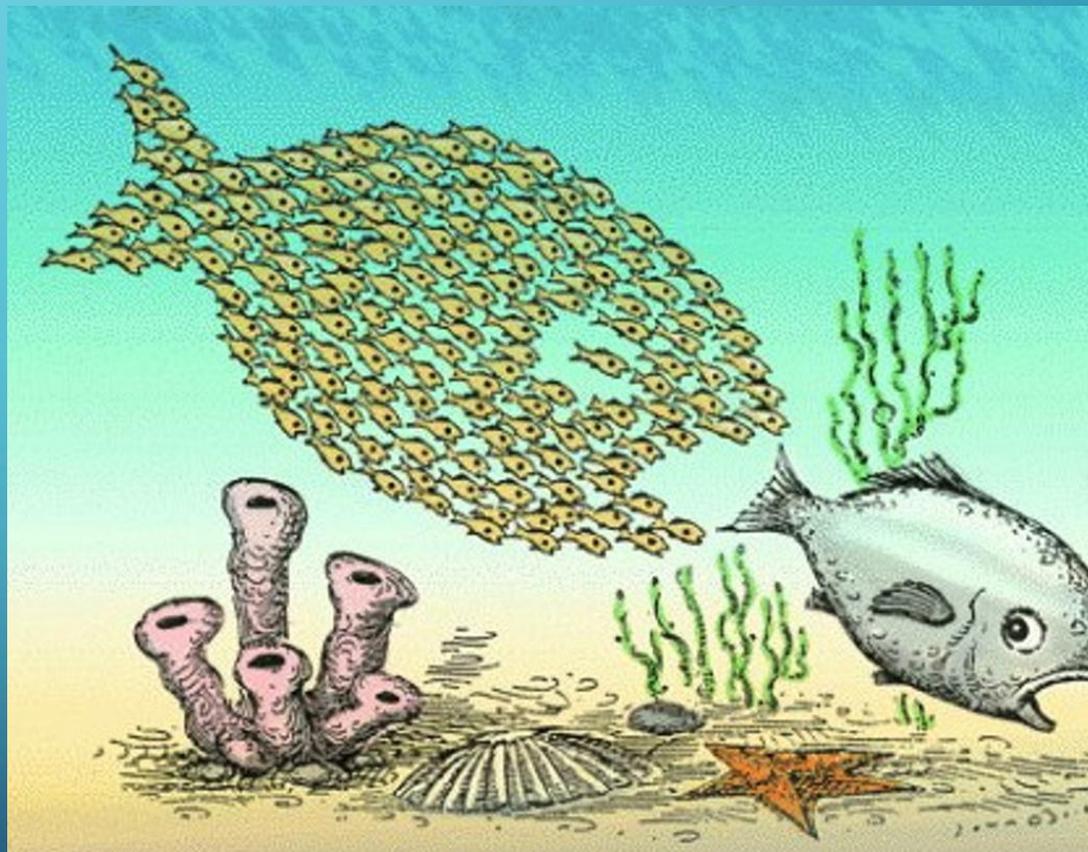
个案名称	Y镇童鞋行业协会	S镇家协	SEMATECH
社会网 监督	无 成员不信任会长，认为其截留资源，借着维护行业秩序之名打击竞争对手	强 协会经常创造交流机会，使得企业家彼此熟识并成为朋友，彼此“不好意思”再恶性竞争	弱 通过“午餐会”形式监督缺席者
正式监督	无	无 仅有不足1500字章程	强 基于“黑皮书”的各项规定执行
结果	失败 成员普遍认为协会未取得后果，几年后该地产业衰落	成功 成员积极参与协会活动，数量逐年增加；当地产业逐渐发展壮大	成功 产生了大量联合研发的新技术成果。几年后美国半导体行业重获世界首位



涌现

# 涌现

- 涌现（英语：emergence）或称创发、突现、呈展、演生，是一种现象，为许多小实体相互作用后产生了大实体，而这个大实体展现了组成它的小实体所不具有的特性。

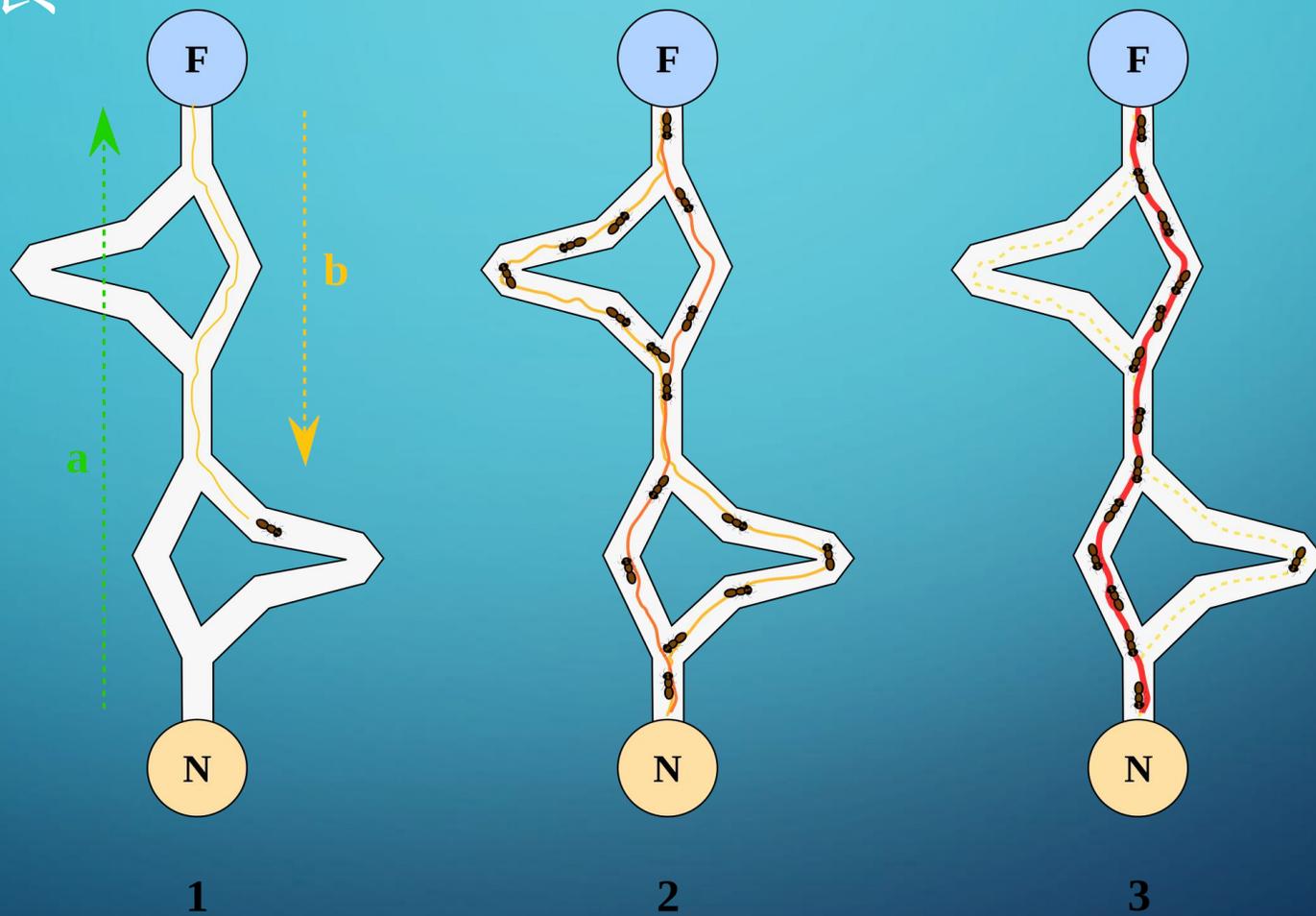


# 蚂蚁群体



图片来源: <http://claycoleman.tripod.com/id180.htm>

# 蚂蚁觅食



# 蚁群模拟





涌现

中信出版集团

# 社会与经济

信任、权力与制度  
[美]马克·格兰诺维特(Mark Granovetter) 著  
罗家德 王永健 译

# 社会与经济

信任、权力与制度

[美]马克·格兰诺维特(Mark Granovetter) 著  
罗家德 王永健 译

SOCIETY  
AND  
Economy

Framework and Principles

李培林  
中国社会科学院副院长

段永朝  
财讯传媒集团首席战略官

新经济社会学奠基人、嵌入理论和弱连带理论提出者  
经济学“引文桂冠奖”得主

马克·格兰诺维特

罗家德  
清华大学社会学系教授

吴声  
场景实验室创始人

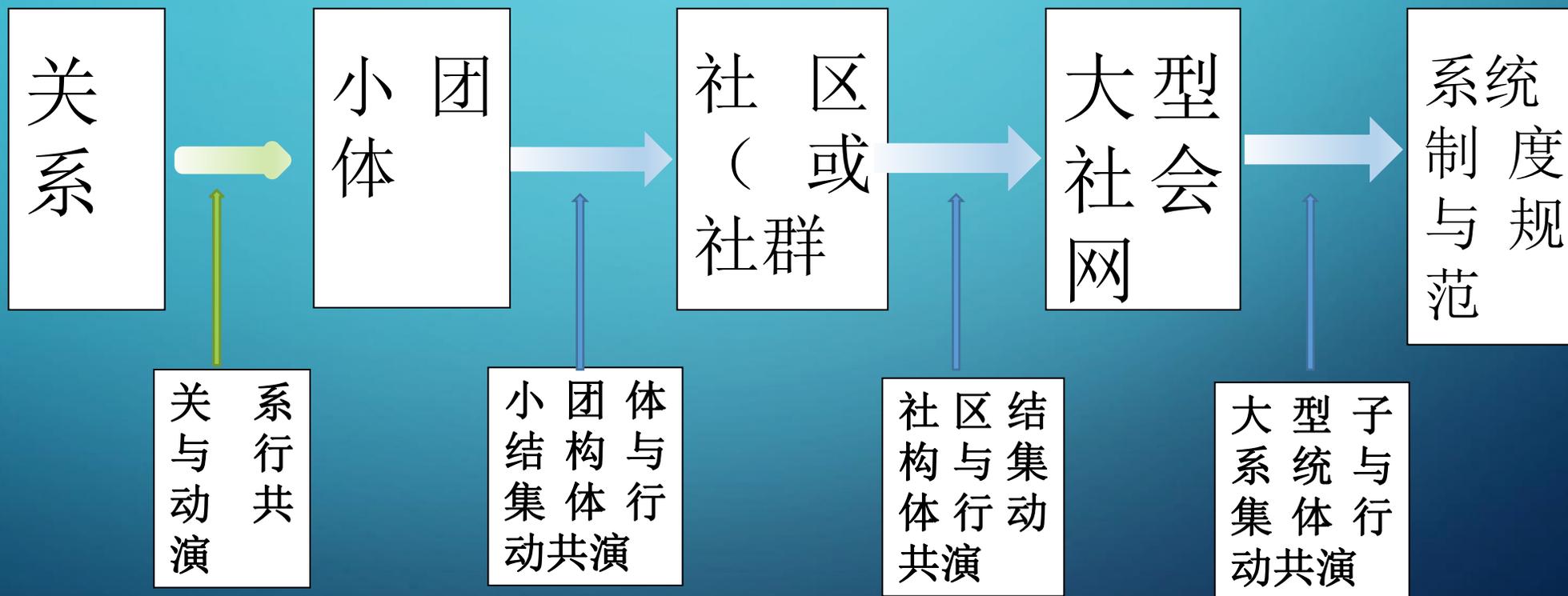
扛鼎之作

高皓  
清华大学五道口金融学院  
全球家族企业中心主任

马克·米兹鲁奇  
密歇根大学教授

中信出版集团

# 层层递进的自组织



# 涌现的过程

- 社会是一个人际关系的复杂系统
- 网络中的「能人」为起始点
- 观势与顺势
- 结成小团体，中心的权力
- 跨界小团体，桥的权力
- 工具箱理论——跨界创新
- 造势

- 从Insull的集中式发电谈起。
- 一个历史的大布局——文艺复兴如何产生，创造文艺复兴的美第奇家族，其改造人类历史的布局包括
  - 顺势：新兴工商阶层兴起，自由城市市政化，宗教改革与世俗化
  - 建圈子，在工业界（羊毛纺织），金融界（银行），老贵族（托斯卡纳大公），新兴自由城市市政（佛罗伦斯）
  - 跨界作桥，尤其在老贵族与新兴工商阶层间
  - 跨界整合，培养了米开兰基罗等人
- 造势：取得话语权，在宗教世俗化中创造了文艺复兴风格
- 扩大到大型网络：产生四位教皇，两位法国皇后，以及将文艺复兴风格传向各个自由城市。



自创生，自指

# AUTOPOEISIS（自创生）理论

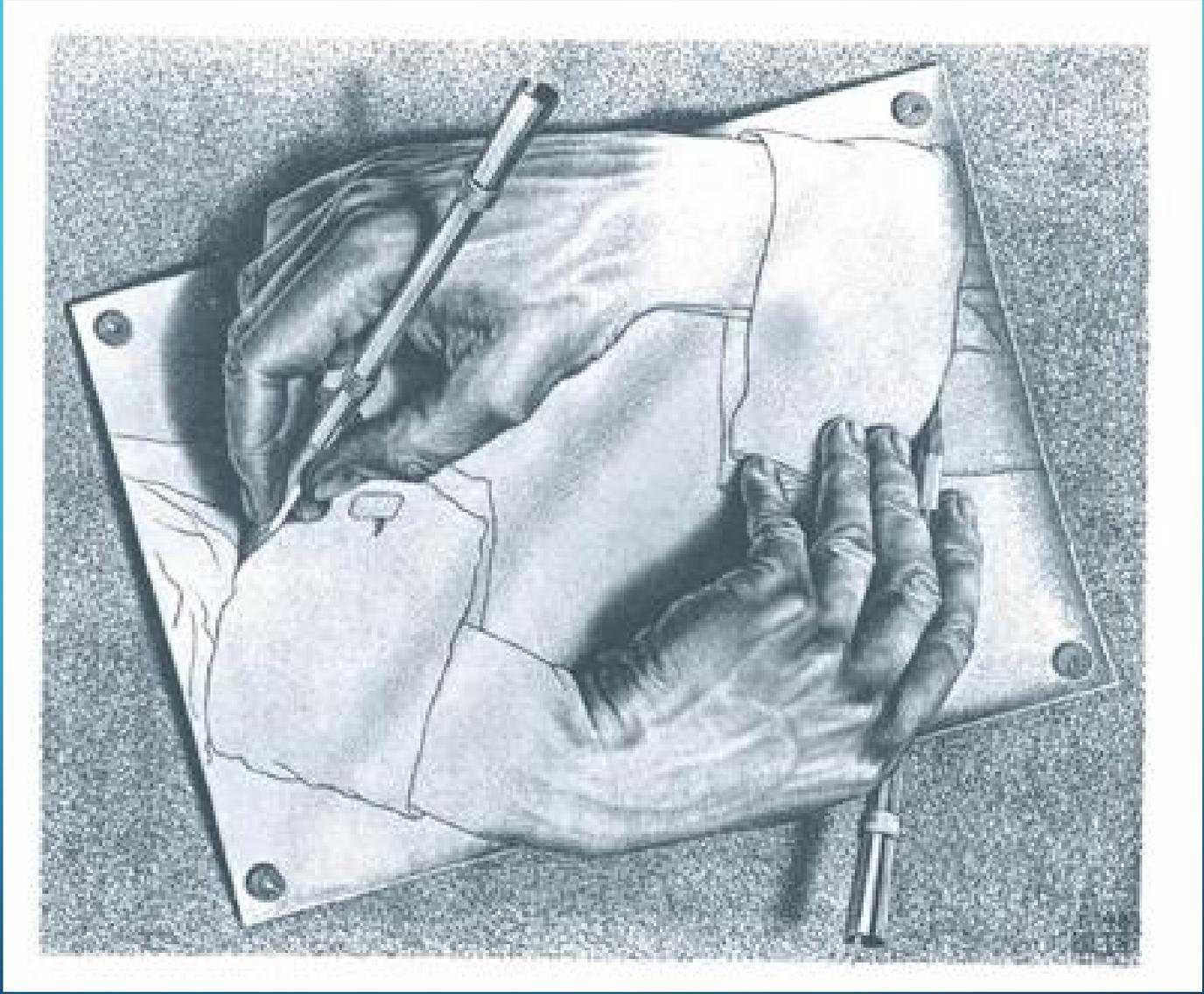
- 智利的两名生物学家在1970年代创立了 Autopoiesis（自我创生）理论
- 他们认为生物体就是一个复杂的化学网络，这个化学网络在每一个时刻都在不断地生成自己
- Autopoietic系统的两个条件：
  - 网络中的任意一个元素都被网络中的其它元素生产
  - 网络中的化学元素不断地生成自己的边界，从而使得边界内部的网络系统构成一个独立的整体



**Humberto Maturana**



**Francisco Varela**

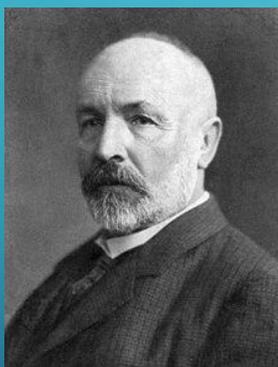


# 自指(SELF-REFERENCE)

- 在自然语言和形式语言中，如果一句句子直接或间接提及自身，就称为自指。
  - 自指可以是直接的，比如说谎者悖论，也可以是通过另外一句句子间接提及自身，还可以是通过某种编码反应自身，自指的语句常常会造成悖论。
  - 在数学、哲学、计算机科学、语言学中都有针对自指的研究。

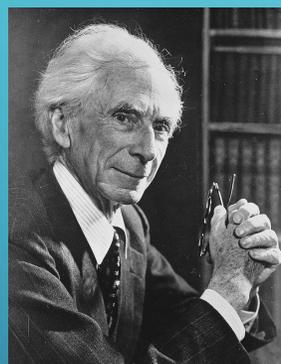
# 第三次数学危机

- 毁灭自指
  - 这句话是错的



Cantor

1874



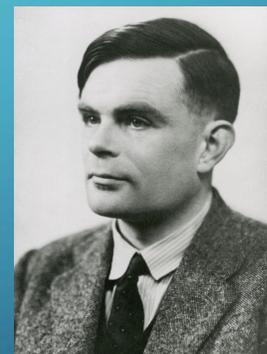
Russel

1903



Godel

1931



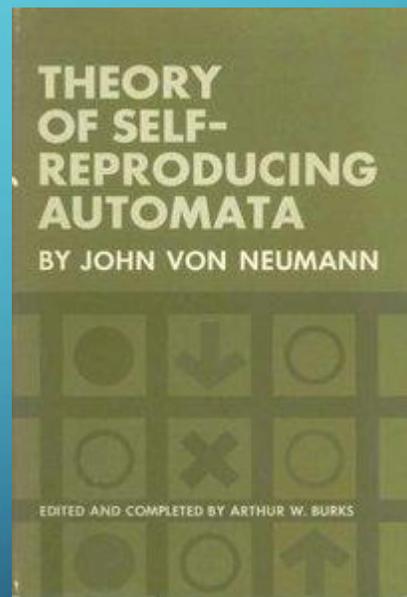
Turing

1936

# 建构性自指



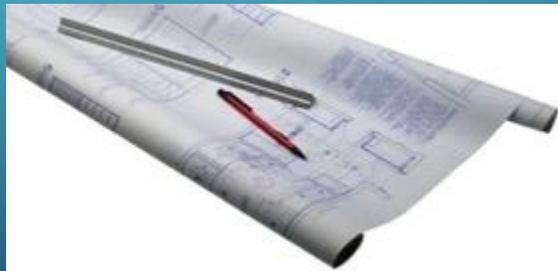
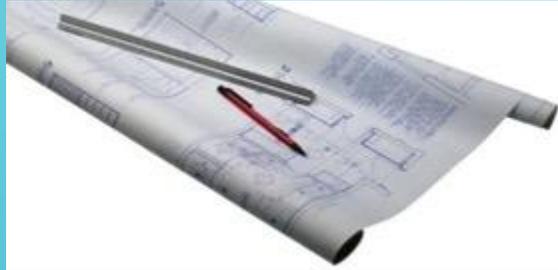
John von Neumann



# 自复制机如何运作？



+



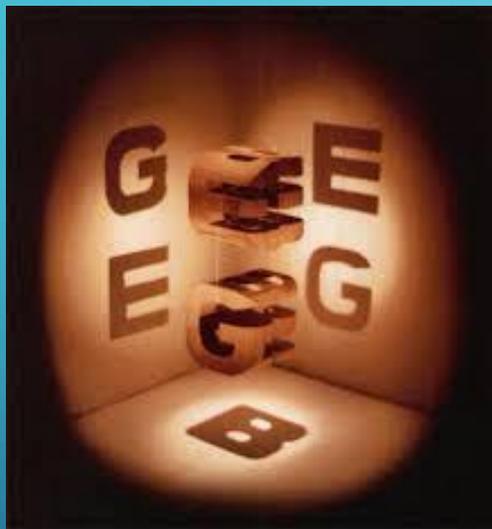
+



# 自我意识



# 参考——《哥德尔、埃舍尔、巴赫》





自创生，自指

WRITING SCIENCE

# SOCIAL SYSTEMS



Niklas Luhmann

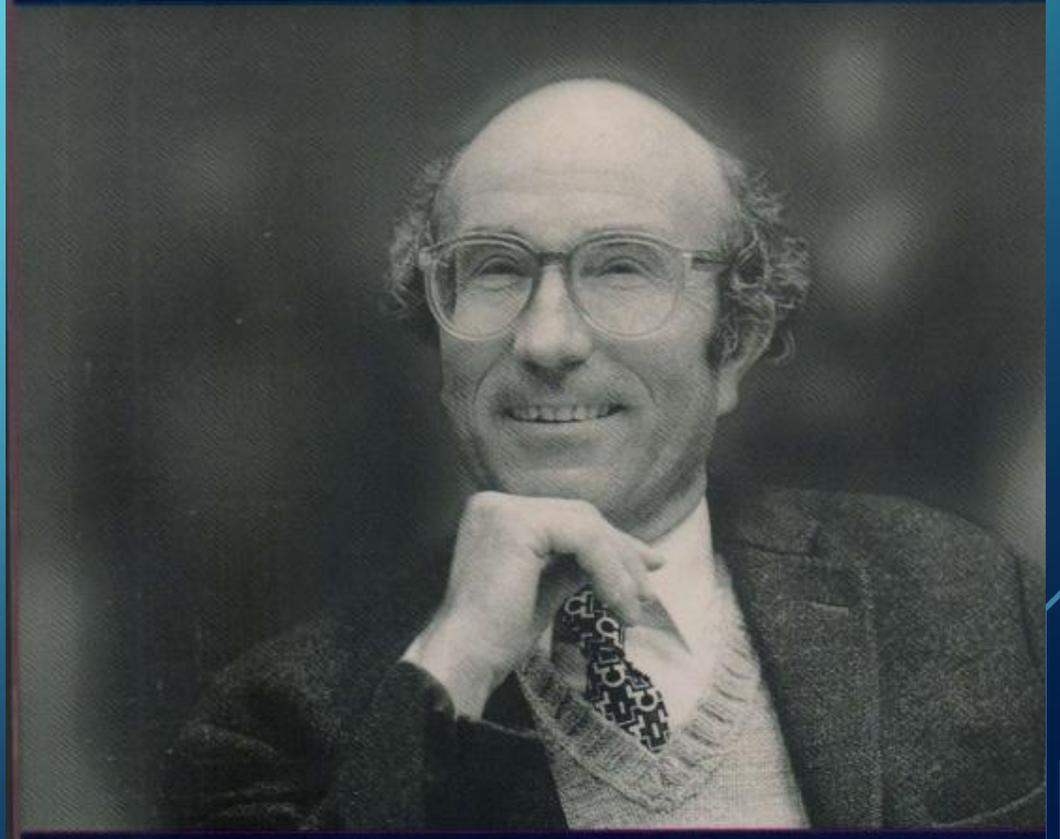
TRANSLATED BY John Bednarz, Jr.  
WITH Dirk Baecker

Niklas Luhmanns Theorie sozialer Systeme  
盧曼社會系統理論導引

國立編譯館 主譯

GEORG KNEER / 著  
ARMIN NASSEHI / 著

魯 貴 顯 / 譯



# 卢曼（NICHOLAS LUHMANN）的社会系统

## 信任：一个社会复杂性的简化机制

- 一、有机体、脑神经网络、心理系统、意识系统与社会系统是相互独立又结构耦合、互为环境的系统。
- 二、沟通是两个或以上意识系统的互动。
- 三、社会是一个沟通的复杂系统（COMPLEX SYSTEM OF COMMUNICATIONS）
- 四、互动的偶变性，沟通的困难，共识的不可取得——互动中的不确定性与不断妥协。
- 五、自指，常用「自我指涉—封闭系统」，如何保持自我认同。外因转化成内因的演化——将环境因素「消化」进内部系统。

- 六、在开放系统中如何维持封闭与秩序。熟悉世界的建构「简化」了复杂性。
- 环境互动的、开放的结构体系统，复杂与时间和不确定相关。信任则在短时间可控下不需要存在，只有在长时间又不确定性时必需存在。
- 七、自组织、自适应，社会系统的自我再生产。
- 九、信任作为一种对抗不确定性的机制。事先可信的承诺和事后成败的复盘消弭了过程中的确定性。
- 十、认同、封闭网络、自我再生产透过信任对抗了不确定性。
- 十一、双重性逻辑，封闭、自组织、创新、开放之间，认同、自我再生产、自适应、多元之间。

# 一个复杂系统边缘创新的案例

- 普劳曼等人在2007年发表的文章《偶发剧变：微小变革的涌现和放大》（Plowman, et,al., 2007; *Radical Change Accidentally: The Emergence and Amplification of Small Change*）。
- 六十年代，美国中产阶级就出现了市郊化，搬到市中心的往往是一些黑人家庭。教堂的核心会员的来源怎么办？
- 年轻人的自组织提供了第一次早餐，在很短的时间内，教堂志愿者在周日早上为200多名无家可归的人提供食物
- 作为星期日晨间计划的一部分，全方位的医疗、牙科和眼科问诊服务应运而生。
- 主要的礼拜仪式上，教堂内服装的规范性和参与者的多样性发生了巨大的变化
- 复杂真正关切的研究重点，是持续性的，同时也是根本性的创新。按照作者的理解，这一类变革很少产生，但是这种微不足道的小调整不断积累和放大，最终导致了根本变革，这正是在可控的过程中，让系统转型发生，并对外在新环境产生自适应。

**JOURNAL OF SOCIAL COMPUTING IEEE**网址:

[HTTPS://IEEEXPLORE.IEEE.ORG/XPL/ABOUTJOURNAL.JSP?PUNUMBER=8964404](https://ieeexplore.ieee.org/xpl/aboutjournal.jsp?punumber=8964404)

**JOSOCO**投稿网址:

[HTTPS://MC03.MANUSCRIPTCENTRAL.COM/JSC-TUP](https://mc03.manuscriptcentral.com/jsc-tup)

清华大学社会网络研究中心会议与期刊:

[HTTP://SOCIALBIGDATA.CN/CSS/INSTITUTION/SOCIAL COMPUTING/SOCIAL COMPUTING.HTML](http://socialbigdata.cn/css/institution/social-computing/social-computing.html)

# 清华大学社会网络中心:

[HTTP://SOCIALBIGDATA.CN/CSS/INSTITUTION/INSTITUTION0623LUO.HTML](http://SOCIALBIGDATA.CN/CSS/INSTITUTION/INSTITUTION0623LUO.HTML)



清华大学社会网络研究中心



清华社科院信义社区营造研究中心